App. mil.
104
i

Artillerielehre

für den

Unterricht im II. Kurs

der k. b. Oberfeuerwerkerschule

bearbeitet von

A. Dengler,

Premierlieutenant und Direktionsassistent

München 1884.

AUG. DENGLER
Hauptmann

Kat. VI. B. 12.
Fol. 266.

N

4° App. mil. 104 i
4°
ALO. DENGLER

40

2. Stück

Artillerie-Lehre
für den
Unterricht im II. Kurs der K. b. Oberfeuerwerkerschule bearb. von Alois Dengler, Prlt.

(Dengler, Alois)

Vom Schiessen.

München 1884

KOENIGL. BAYER. FUSS-ARTILLERIE-BRIGADE
ALO. DENGLER Hauptmann im K. 1. Bayr. Fuss-Art.-Rgt.
Gd/68/2238

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Wehrkreis=
bücherei VII
München

Altbestand 29665

Bayerische Staatsbibliothek München

I. Kapitel.

Die Flugbahn der Geschosse.

§1. Einleitung.

Ballistik nennt man die Wissenschaft, welche, sich mit der Bewegung der Geschosse beschäftigt und welche die Aufgabe hat, mit Hilfe der Gesetze der Physik und Mathematik zu untersuchen, welche Bahnen die Geschosse beschreiben.

Unter der inneren Ballistik versteht man die Aufsuchung der Gesetze, nach welchen die entzündete Pulverladung im Rohre zur Wirkung kommt.

Die Erfahrung lehrt, daß die Geschosse, welche unter scheinbar gleichen Verhältnissen in Bewegung gesetzt sind, keineswegs genau kongruente Flugbahnen beschreiben, daß vielmehr infolge kleiner Verschiedenheiten in den Geschützen, der Munition, der Bedienung oder der Witterung, die, weil sie vorher nicht bestimmt werden können, in das Gebiet des Zufalls gehören, kleine Abweichungen stattfinden. Indes hat auch der Zufall seine Gesetze, über welche die Wahrscheinlichkeitsrechnung Aufschluß gibt.

Die Elemente, welche auf die Bewegung der Geschosse Einfluß haben, sind:

A.) die Anfangsgeschwindigkeit;
B.) der Abgangswinkel;
C.) die Anziehungskraft der Erde oder die Schwere;
D.) der Luftwiderstand,
E.) die Rotation.

§2.

A.) Die Anfangsgeschwindigkeit.

Auf das im geladenen Geschütze befindliche Geschoß wirkt beim Abfeuern, zunächst der Stoß der Pulverladung. 1.) Erklärung.

Diese Stoßkraft wird erzeugt durch die Entzündung des festen Pulvers, welches sich dadurch unter großer Hitzentwicklung in Gase zersetzt. Diese haben das energische Bestreben, sich auszudehnen und einen bedeutend größeren Raum einzunehmen, als für die Pulverladung in der festen Form notwendig ist; daher üben sie einen ungemein großen Druck (über 2000 Atmosphären bei einer Hitze von circa 3000° C.) nach <u>allen</u> Seiten aus.

Das Geschützrohr leistet diesem Drucke (von einem möglichen Zerspringen abgesehen) Widerstand, während das Geschoß dies nur ganz kurze Zeit vermag, nämlich bis die Kraft der entwickelten Pulvergase (vorzugsweise Kohlensäure und Stickstoff, vgl. hierüber Kriegsfeuerwerkerei, II. Abschnitt, §3) dessen Beharrungsvermögen und Reibungswiderstände an den Seitenwänden überwunden hat; dann aber setzt es sich unter fortwährender Einwirkung der Pulvergase in Bewegung und wird zuletzt mit großer Geschwindigkeit aus dem Rohre getrieben.

Unter <u>Geschwindigkeit</u>, die man stets in m ausdrückt, versteht man den Weg, welchen ein Körper in 1 Sekunde zurücklegen würde, wenn er seine Bewegung unverändert beibehielte, also keine andere Kraft auf ihn einwirkte. Die einem Körper erteilte Geschwindigkeit kann nun eine <u>gleichförmige</u> sein, dann ist die Bewegung eine geradlinige und gleichmäßige d. h. der Körper legt stets gleich große Wege in gleichen Zeiten zurück; oder sie ist eine konstant zunehmende oder abnehmende, hervorgerufen durch gleichförmig <u>beschleunigende</u> oder <u>verzögernde</u> Kräfte, oder sie ist eine ungleichförmig beschleunigte oder verzögerte.

Die <u>Anfangsgeschwindigkeit</u> bezeichnet also den Weg, den das Geschoß nach dem Verlassen der Mündung in 1 Sekunde zurücklegen würde, wenn es seine Bewegung nicht änderte d. h. dieselbe Geschwindigkeit beibehielte, mit welcher es das

Rohr verläßt.

Anmerkung. Die Kenntnis der Anfangsgeschwindigkeit der Geschosse ist von besonderer Wichtigkeit, nicht nur für die ballistischen Rechnungen, bei welchen diese Geschwindigkeit bekannt sein muß, wenn es sich um die Bestimmung der Flugbahnen handelt, sondern weil die Anfangsgeschwindigkeit auch ein Maß abgibt für die von verschiedenen Ladungen in verschiedenen Rohren überhaupt hervorgebrachten Wirkungen, auf deren richtiger Beurteilung die zweckmäßige Einrichtung der Geschützrohre und insbesondere der Verschlußeinrichtungen und Ladungsräume gezogener Rohre beruhen. In neuerer Zeit hat jedoch die Anfangsgeschwindigkeit bei gezogenen Rohren noch eine erhöhte Wichtigkeit dadurch erhalten, daß man genötigt ist, dieselbe zum Zwecke einer Geschoßwirkung, der auch die stärksten Panzer nicht widerstehen sollen, auf die größtmögliche Höhe zu treiben.

2) Abhängigkeit der Anfangsgeschwindigkeit.

Die Größe der Anfangsgeschwindigkeit ist abhängig:

1. von dem Ladungsverhältnis;
2. von der Güte und Entzündlichkeit des Pulvers;
3. vom vorhandenen Spielraum und der Größe des Zündlochs;
4. von der Form und Größe des Ladungsraumes;
5. Länge und Konstruktion der Seele;
6. von den Reibungswiderständen im Rohre;
7. vom Geschoßgewicht;
8. von den Witterungseinflüssen und der Temperatur des Rohres.

Das Geschoß empfängt seine Anfangsgeschwindigkeit durch den Druck der Pulvergase. Es ist leicht einzusehen, daß dieselbe um so größer wird, je größer dieser Druck, je länger er ausgeübt wird und je geringer die Widerstände sind, die sich der Bewegung entgegenstellen.

Weiter wird der Druck der Pulvergase abhängen von der Schnelligkeit, mit der sich die Gase entwickeln d.h. das Pulver verbrennt; je schneller dieses stattfindet,

um so kleiner ist der Raum, in dem die Gase eingeschlossen sind, um so kleiner also auch die Fläche, auf welche sich dieser Druck verteilt. — Gehen Pulvergase durch Spielraum (mangelhafte Liderung) oder Zündloch verloren, so vermindert sich natürlich der Gasdruck und damit die Anfangsgeschwindigkeit. Ebenso wird letztere vermindert durch den Widerstand, welchen das Geschoß im Rohre zu überwinden hat; je größer jene werden soll, desto kleiner müssen die Reibungswiderstände sein (Ausreiben und Einfetten des Rohres; viele und seichte Züge mit festem Führungsmaterial; geringer Drall; Stahl besser als Bronze, die in Folge von Ausbrennungen leicht rauh wird).

Je länger das Rohr, um so länger wirken die Pulvergase, desto besser werden sie also ausgenützt; umgekehrt, je größer der Ladungsraum im Verhältnis zur angewendeten Ladung ist, je größer also der Verbrennungsraum, desto geringer ist unter sonst gleichen Umständen die Spannung der Pulvergase. Das Geschoßgewicht ist insofern von Einfluß, als dem schwereren Geschoß durch die gleiche Pulverkraft eine geringere Geschwindigkeit erteilt wird. — Bei warmer, trockener Luft fällt die Anfangsgeschwindigkeit größer aus, als bei kalter feuchter (Feuchtigkeitsgehalt des Pulvers);

durch die Erwärmung des Rohrmetalls bei länger dauerndem Schießen wird die Spannung der Pulvergase, also die Kraftäußerung des Pulvers, und somit auch die Geschwindigkeit (und die Schußweite) vermehrt.

Verschmutzung und Erwärmung des Rohres arbeiten einander also gewissermaßen entgegen.

Bei *gleichem Ladungsverhältnis* ist trotz des größeren Widerstandes, welchen das Geschoß im Rohre zu überwinden hat, die Anfangsgeschwindigkeit bei den *gezogenen* Geschützen *größer* als bei den glatten; denn der Nachteil der größeren Reibungswiderstände wird genugsam aufgehoben durch den fehlenden Spielraum, so daß also kein Pulvergas unbenützt entweichen kann, sowie durch die längere Zeitdauer, welche das Geschoß vermöge seiner größeren Schwere und der erhöhten

Reibung im Rohr ertheilt, wodurch eine vollständigere Entwicklung der Pulverkraft, und eine längere Einwirkung derselben auf das Geschoß stattfindet.
Schließlich muß noch erwähnt werden, daß die Anfangs-Geschwindigkeit in nicht unerheblicher Weise alterirt wird, wenn die Durchmesser der Geschosse bei gezogenen Geschützen nicht genau dem Kaliber angepaßt sind, daher eine genaue Einhaltung der Toleranzen bei diesen, wie bei den Rohren höchst wichtig ist, zumal bei bedeutenderen Differenzen eine Gefahr für Zertrümmern der Geschosse resp. Springen der Rohre vorliegt.—

Man hat empirische Gesetze aufgestellt, mit Hilfe deren man aus gegebenen Daten die Anfangs-Geschwindigkeit eines Geschosses berechnen kann. Die Resultate können natürlich nur annähernd richtig sein, da sehr viele Umstände, die großen Einfluß auf die Anfangsgeschwindigkeit haben, nicht berücksichtigt werden können. Als die wichtigsten unter diesen sind folgende zu merken: 3) Gesetze über die Anfangsgeschwindigkeit.

1) <u>Die Anfangsgeschwindigkeiten zweier Geschosse verhalten sich unter sonst gleichen Verhältnissen wie die Quadratwurzeln aus den zugehörigen Ladungsverhältnissen.</u>

z. B.

a) Die schw. Feldgranate (7 kg) hat eine Anfangsgeschwindigkeit von 444 m; wie groß ist die Anfangsgeschwindigkeit des schw. Feld-Shrapnels (8,15 kg)? Die Ladungsverhältnisse (1,5 kg Pulver) sind:

$$\text{Granate} = \frac{1,5}{7} = 0,214;$$

$$\text{Shrapnel} = \frac{1,5}{8,15} = 0,184;$$

somit hat man die Proportion

$$x : 444 = \sqrt{0,184} : \sqrt{0,214}, \text{ woraus}$$

$$x = 444 \cdot \sqrt{\frac{0,184}{0,214}} = 412 \text{ m}$$

Sie ergibt – die Schußtafel gibt 417 m an.

500

b.) Wie groß müßte das Ladungsverhältnis werden, um bei diesem Geschütz die Anfangsgeschwindigkeit auf 500 m zu steigern?
Aus dem obigen Ansatze folgt:

$$444 : 500 = \sqrt{0,214} : \sqrt{x}$$, woraus

$$x = \frac{500^2 \cdot 0,214}{444^2} = 0,271\,m,$$

d. h. unter Beibehaltung des Geschoßgewichtes von 7 kg müßte die Ladung auf 1,9 kg erhöht oder unter Beibehaltung der Ladung von 1,5 kg müßte das Geschoßgewicht auf circa 5,5 kg herabgesetzt werden.

2.) Nach Obigem verhalten sich auch bei verschiedenen Rohren derselben Art die Anfangsgeschwindigkeiten wie die Quadratwurzeln aus den Ladungsquotienten oder gleiche Ladungsquotienten geben gleiche Anfangsgeschwindigkeiten.

Z. B.

Die Geschwindigkeit der 12 cm Granate M/73 beträgt bei 1,5 kg Ladung 325 m; wie groß ist die Anfangsgeschwindigkeit der 15 cm Granate M/69 in der k. 15 cm Gr. K. bei derselben Ladung?
Ladungsverhältnisse:

$$\text{Granate M/73} = \frac{1,5}{15}; \quad \text{Granate M/69} = \frac{1,5}{27,7};$$

$$325 : x = \sqrt{\frac{1,5}{15}} : \sqrt{\frac{1,5}{27,7}}$$, woraus

$$x = 325 \cdot \sqrt{\frac{15}{27,7}} = 239\,m.$$

Die Schußtafel gibt hiefür 253 m an; diese Differenz ist daraus erklärlich, daß die Reibungsverhältnisse der verschiedenen Geschosse nicht in der Rechnung berücksichtigt sind.

3.) Die Anfangsgeschwindigkeiten verhalten sich bei gezogenen Geschützen wie die Längen des gezogenen Teils, wenn man im Übrigen gleiche Verhältnisse voraussetzt;

Da nun die Schußweiten (w) ziemlich genau im Verhältnisse der Ladungen wachsen, so können

wir dieses Gesetz auch ausdrücken durch die Proportion

$$w : w_1 = L : L_1 ;$$

erinnert man sich noch des obigen Gesetzes, so kann man auch setzen

$$c : c_1 = \sqrt{L} : \sqrt{L_1} = \sqrt{w} : \sqrt{w_1}$$

oder $c^2 : c_1^2 = w : w_1$ d. h.

<u>die Schußweiten verhalten sich wie die Quadrate der Anfangsgeschwindigkeiten</u>.

3) Messung der Anfangsgeschwindigkeit.

Die praktische Bestimmung der Anfangsgeschwindigkeit geschieht mit Hilfe von Instrumenten, welche die Zeit sehr genau messen, die ein die Geschützmündung verlassendes Geschoß zum Zurücklegen einer sehr kurzen Strecke seiner Bahn gebraucht, innerhalb welcher die Annahme gerechtfertigt ist, daß es seine Bewegung nicht geändert hat. Die hier zu messende Zeit ist natürlich eine außerordentlich kleine, weshalb sehr genaue Meßinstrumente nötig sind. Am besten hat sich dabei die Anwendung elektrochronographischer Instrumente bewährt, unter denen der von dem belgischen Major Le Boulengé erfundene Chronograph der zweckmäßigste und am meisten angewandte ist.

Die Beschreibung dieses Flugzeitenmessers samt Zubehör, dessen Theorie und Handhabung siehe in der Kriegsfeuerwerkerei IV. Abschnitt, §§ 87–122.

§ 3.

B.) Der Abgangswinkel.

Eine in irgend einem Punkte der Flugbahn an dieselbe gelegte Tangente bezeichnet die Bewegungsrichtung des Geschosses in eben diesem Punkte. Diese Tangente bildet mit der Horizontalen einen Winkel. Der Winkel, den die im Anfangspunkt der Flugbahn gedachte Tangente mit der Horizontalen bildet, ist der „<u>Abgangswinkel</u>", während der am Endpunkt auf dieselbe Weise entstehende Winkel der „<u>Einfallwinkel</u>" ist.

Bei den Hinterladungsgeschützen, die ihre Geschosse ohne Spielraum fortschleudern, verläßt das Geschoß das Rohr in der Richtung der Seelenachse. Der Abgangswinkel ist mithin abhängig von der Neigung der Seelenachse zum Horizont, d. i. vom Erhöhungswinkel, im Moment des Abfeuerns. Diese Neigung wird bestimmt entweder durch die Richtung der Visierlinie und den Visierwinkel d. h. den von der Visierlinie und der Seelenachse gebildeten Winkel (beim Richten mit Aufsatz) oder durch den Richtwinkel mittelst des Libellenquadranten, welcher den Erhöhungswinkel direkt mißt. Bildet die Visierlinie mit der Seelenachse einen Winkel – den Terrainwinkel – so differieren Erhöhungs- und Visierwinkel um eben diesen Winkel.

In der That weicht nun die Abgangsrichtung des Geschosses um ein Geringes ab von der Richtung, welche die Seelenachse unmittelbar vor dem Abfeuern hatte, da sich durch den Schuß selbst die Lage derselben ändert. Infolge des Rückstoßes und der zum Zündloch ausströmenden Pulvergase entsteht das „Bucken" d. h. das Bestreben des Rohres, sich um die horizontale Schildzapfenachse zu drehen. Das Bodenstück übt infolge dessen einen Druck auf das Richtsohlkissen und die Richtschraube aus, welchem dieselbe infolge ihrer Elastizität ein wenig nachgeben. Es wird der Abgangswinkel stets etwas größer als der Erhöhungswinkel. Die Differenz zwischen beiden heißt „Abgangsfehler". Derselbe beträgt bei unseren Feldgeschützen circa 17' = $4\frac{1}{2}$ Sechzehntel Grad, beim 9 cm Mörser zwischen 2° und 4°, beim 15 cm Mörser zwischen $+\frac{14}{16}$ und $1\frac{3}{16}$ Grad.

Auch die Abgangswinkel sind nicht von Schuß zu Schuß genau dieselben infolge von Richtfehlern, leichten Gang der Richtspindel u. s. w.

Was der Abgangswinkel für den aufsteigenden, das ist der Fallwinkel für den absteigenden Ast der Bahn. Je kleiner der Fallwinkel ist, desto kürzer müssen offenbar auch die Ordinaten der Flugbahn relativ d. h. im

Verhältnis zu den zugehörigen Abszissen werden. Dies Verhältnis ist aber auch zugleich unmittelbar maßgebend für den bestrichenen Raum oder die Rasanz der Flugbahn, worunter man die Länge der Bahn, in horizontaler Richtung, also in der Abscisse gemessen, versteht, innerhalb deren die Ordinaten der Bahn kleiner sind, als die bekannte Höhe der treffbaren Fläche eines Ziels (1,8 m). Wenn sich also das Ziel zwischen dem End-Punkte der Bahn und dem Geschütze befindet und vom ersteren Punkt nicht weiter entfernt ist als die Länge des bestrichenen Raumes beträgt, so muß es unbedingt von sämtlichen Schüssen getroffen werden. Aus diesen Untersuchungen geht schon zur Genüge hervor, von wie großer Wichtigkeit es für die größere oder geringere Treffähigkeit der Schußwaffen ist, ob ihre Geschoßbahnen mehr oder weniger bestreichend (rasant) ausfallen.

§ 4.

C.) Die Anziehungskraft der Erde

1. Fallgesetze.

Bevor man das Zusammenwirken der Anfangsgeschwindigkeit mit der Schwerkraft betrachten kann, ist es nötig die wichtigsten Gesetze, nach welchen diese Kraft wirkt, zu erwähnen, soweit dieselben Wichtigkeit für die Gestaltung der Flugbahn haben.

Die Anziehungskraft der Erde oder die Schwere ist eine kontinuierlich und gleichförmig wirkende Kraft, welche auf jeden nicht unterstützten, also frei fallenden Körper in jedem Momente während seines Falles in ganz gleicher Weise einwirkt. Denkt man sich, daß die Einwirkung dieser kontinuierlichen Kraft plötzlich aufhörte, so würde der Körper darum nicht stille stehen, sondern mit der ihm bereits verliehenen Geschwindigkeit vermöge seiner Trägheit*) seinen Fall fortsetzen.

*) Unter Trägheit oder Beharrungsvermögen der Körper

Da nun aber die Schwere kontinuirlich einwirkt, so muß der Körper immer mehr und mehr Geschwindigkeit annehmen d. h. seine Bewegung muß eine gleichförmig beschleunigte werden.

Die Geschwindigkeit eines frei fallenden Körpers in einem bestimmten Moment ist der Weg, welchen er in der nächsten Sekunde zurücklegen würde, wenn von diesem Augenblicke an die Schwerkraft zu wirken aufhörte. Ein frei fallender Körper hat beim Beginn der fallenden Bewegung die Geschwindigkeit 0; nach Verlauf von 1 Sekunde gewinnt er unter der Einwirkung der Schwere die Geschwindigkeit g. Hörte die Schwere jetzt plötzlich auf, so würde der Körper seine Bewegung mit gleichförmiger Geschwindigkeit fortsetzen d. h. in jeder Sekunde den Weg g zurücklegen. Unter dem fortdauernden Einfluß der Schwere erhält er aber in der 2ten Sekunde einen Geschwindigkeitszuwachs von g, hat also nach Verlauf derselben die Geschwindigkeit $2g$, nach 3 Sekunden die Geschwindigkeit $3g$ u. s. f. nach Verlauf von t Sekunden ist demnach seine Geschwindigkeit

(I) $v = gt$.

Das hierin ausgesprochene Gesetz würde lauten:

„Die Geschwindigkeiten frei fallender Körper stehen im geraden Verhältnis mit den verflossenen Fallzeiten.“

ersieht man jene allgemeine Eigenschaft, wonach zu jeder Änderung im Zustande der Körper eine Kraft oder ein Widerstand notwendig ist. Von dem Vorhandensein dieser Eigenschaft kann man sich täglich überzeugen, z. B. Jemand fährt in einem Kahn, mit dem Gesichte der Bewegung zugekehrt; stößt der Kahn plötzlich an, so fällt die Person nach vorwärts, denn zuerst hatten Kahn und Person dieselbe Geschwindigkeit; durch das plötzliche Anstoßen verliert aber der Kahn seine Geschwindigkeit, während sie der darin stehenden Person verbleibt, diese sich also noch vorwärts bewegen d. h. vorwärts fallen muß.

Hierbei ist g ein bekannter Faktor, der für unsere Breitengrade 9,81 m beträgt und „Beschleunigung durch die Schwere“ (g = gravitas) genannt wird; dieser Wert von g ergibt sich aus der Beobachtung von Pendelschwingungen und ist auf der Erdoberfläche nicht überall gleich, sondern am Äquator am kleinsten (g = 9,78 m), an den Polen am größten (g = 9,83 m).

Es kommt nun weniger darauf an, zu wissen, welche Geschwindigkeit ein Körper in einer gewissen Zeit erreicht, als vielmehr, welchen Raum er in dieser Zeit zurückgelegt hat. Um nun die Größe der Fallräume zu ermitteln, stellt man folgende Betrachtung an: Denkt man sich, daß der Körper, statt mit wachsender Geschwindigkeit sich zu bewegen, den durchfallenen Raum mit einer gleichförmigen mittleren Geschwindigkeit zurücklegt, so ergibt sich für die Größe dieser letzteren, da die Anfangsgeschwindigkeit eines freifallenden Körpers = 0 ist, die Endgeschwindigkeit nach t Sekunden = gt das arithmetische Mittel $\frac{0+gt}{2}$ $= \frac{1}{2} gt$. Mit dieser Geschwindigkeit hätte er sich also t Sekunden lang bewegt. Der in dieser Zeit zurückgelegte Weg, der Gesamtfallraum, ist also $t \cdot \frac{1}{2} gt$ oder

$$s = \frac{1}{2} gt^2 \quad \text{..........................} \quad (II)$$

d. h. die Fallräume verhalten sich wie die Quadrate der Fallzeiten.

Das Gleiche findet statt beim Nadelbolzen im Granatzünder, wenn das Geschoß aufschlägt. — Aus dem Begriff der Trägheit folgt:
a.) Jeder Körper widersetzt sich dem Einfluß einer Kraft, welche ihn in Bewegung versetzen will, und zwar um so stärker, je schwerer er ist;
b.) Desgleichen ist eine gewisse Kraft erforderlich, um einen sich bewegenden Körper in den Zustand der Ruhe zu bringen.
c.) Ein durch eine Kraft in Bewegung gesetzter Körper muß die gleichförmige Bewegung annehmen und dieselbe unverändert in Richtung und Geschwindigkeit beibehalten.

Der Körper fällt demnach in

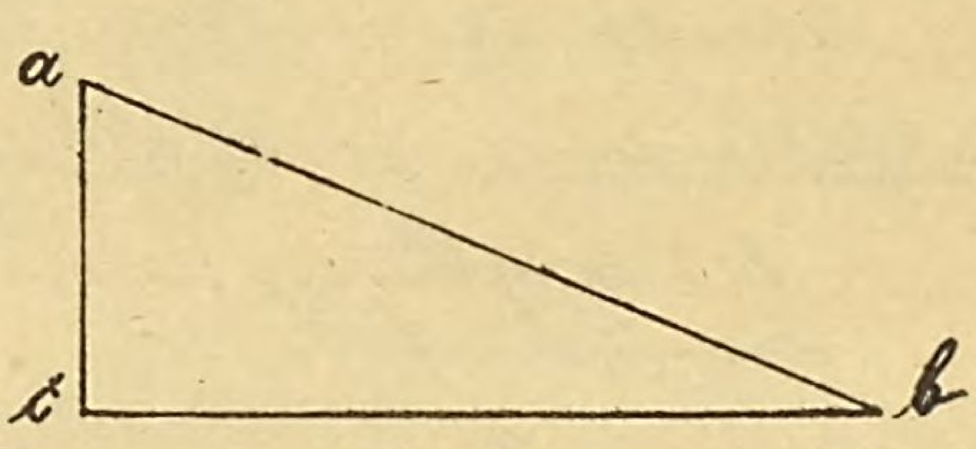
1 Sekunde $1 \cdot \frac{g}{2} = 4{,}9\,m$;
2 " $4 \cdot \frac{g}{2} = 19{,}6\,m$;
3 " $9 \cdot \frac{g}{2} = 44{,}1\,m$;
4 " $16 \cdot \frac{g}{2} = 78{,}4\,m$ u. s. w.

Es ist manchmal von Wichtigkeit aus den gegebenen Fallhöhen unmittelbar die entsprechende Geschwindigkeit berechnen zu können. Durch Kombination der beiden Gleichungen I und II ergibt sich durch Elimination von t die Formel

(III) $v = \sqrt{2gs}$

d. h. die Geschwindigkeiten verhalten sich wie die Quadratwurzeln aus den Fallräumen.

Aus den beiden ersten Gleichungen läßt sich bei gegebenem Fallraum bezw. Fallgeschwindigkeit die Fallzeit unmittelbar bestimmen, nämlich $t = \sqrt{\frac{2s}{g}} = \frac{v}{g}$.



Wenn ein Körper auf einer schiefen Ebene ab herabrollend den Weg ab zurückgelegt hat, so erlangt er dieselbe Geschwindigkeit (von Reibungs- u. dgl. Widerständen abgesehen), als ob er die Höhendifferenz zwischen a und b, also die Länge ac frei durchfallen hätte.

Hätte der Körper beim Beginne des Fallens schon eine gewisse Geschwindigkeit = c, so muß er diese auch am Ende des Fallens noch besitzen, daher

(IV) $v = c + gt$.

Der auf diese Weise zurückgelegte Weg ist

(V) $s = ct + \frac{1}{2} gt^2$

z. B. Wie hoch ist ein Thurm, von dem herabzufallen

ein mit 10 m Geschwindigkeit senkrecht herabgeworfener Körper 4 Sekunden braucht?

$$\text{Turmhöhe} = 10.4 + \tfrac{1}{2}\cdot 9{,}81 \cdot 16 =$$
$$= 40 + 78{,}4 = 118{,}4\ m.$$

Bewegt sich ein Körper der Richtung der Schwere entgegengesetzt, so steigt er mit abnehmender Geschwindigkeit und zwar wird letztere in jeder Sekunde um $g = 9{,}81\,m$ vermindert; nach einiger Zeit hört seine nach aufwärts gerichtete Bewegung auf, und er beginnt zu fallen. Die Gesetze dieser gleichförmig verzögerten Bewegung folgen unmittelbar aus dem Vorhergehenden.

$$v = c - gt \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (VI)$$

Hieraus ergibt sich die Frage: „Wie lange vermag ein Körper senkrecht in die Höhe zu steigen?"
Das Steigen hört auf, wenn $v = 0$, also $c = gt$ d.h. wenn die in t Sekunden erlangte Fallgeschwindigkeit der Geschwindigkeit gleich ist, mit welcher der Körper zu steigen begonnen hat.
Die Zeit, welche ein Körper braucht, um den höchsten Punkt seiner Bahn zu erreichen, ist also

$$t = \frac{c}{g} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (VII)$$

Sucht man nun die Höhe zu bestimmen, welche der steigende Körper vermöge seiner ursprünglichen Geschwindigkeit nach einer gegebenen Zeit erreicht hat, so findet man analog der Formel V

$$h = ct - \frac{1}{2}gt^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (VIII)$$

Die Zeit, welche ein Körper braucht, um die Höhe h zu durchfallen, ergibt sich aus der Gleichung

$$t = \sqrt{\frac{2s}{g}} = \sqrt{\frac{2c^2}{2g^2}} = \frac{c}{g} \quad (\text{wie oben ad VII})$$

d.h. zum Herabfallen von der Höhe h braucht der Körper ebensoviel Zeit, als er zum Aufsteigen bis zur Höhe h nötig hatte.

Die Geschwindigkeit, mit welcher der herabfallende Körper wieder an seinem Ausgangspunkte

ankommt, findet man nach der Formel $v = gt$, da aber die Fallzeit $t = \frac{c}{g}$, so ergibt sich

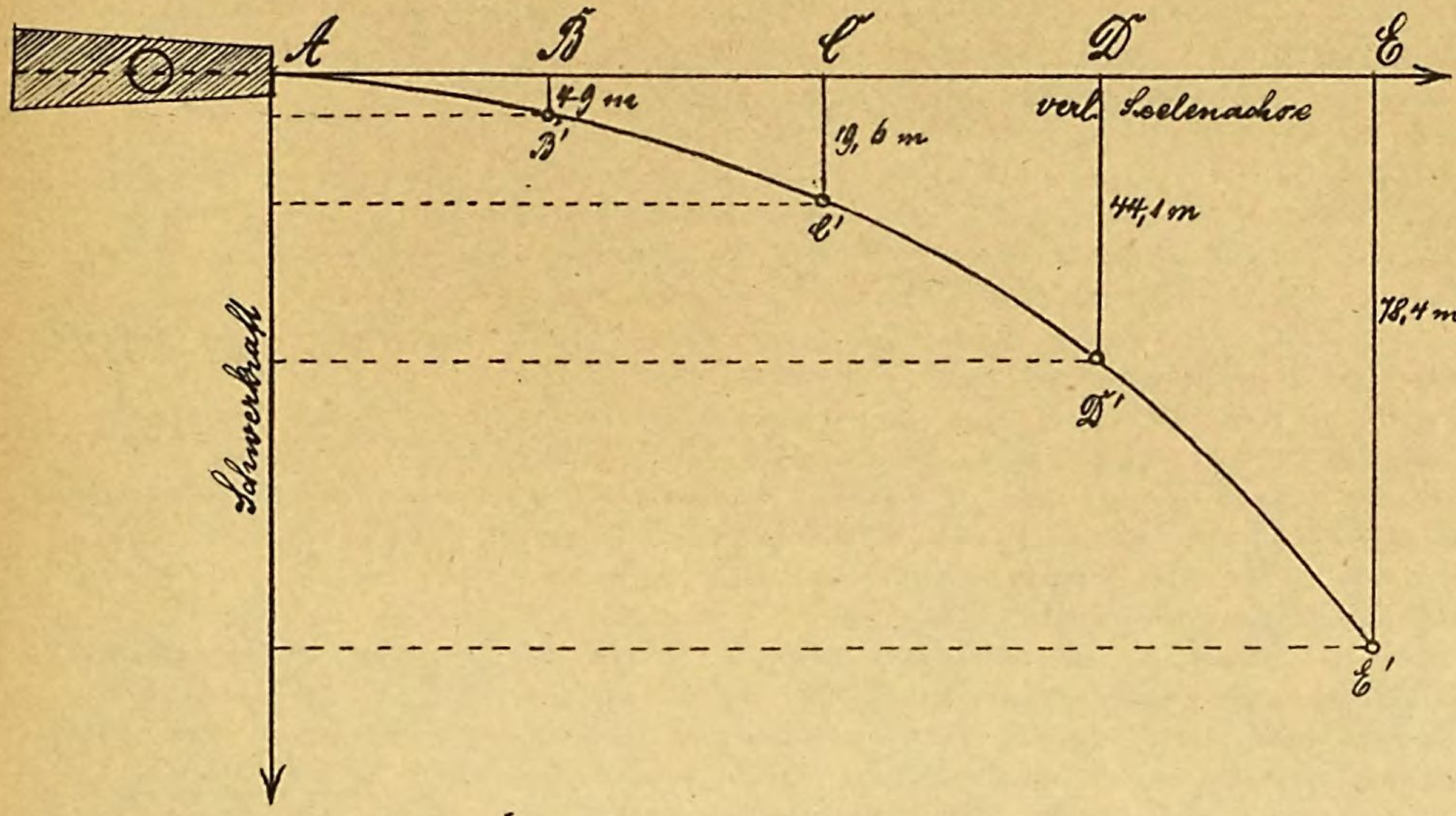
(IX) $v = c$

d.h. der Körper kommt mit derselben Geschwindigkeit unten wieder an, mit der er zu steigen begann; oder um einen Körper bis zu einer Höhe h vertikal in die Höhe zu treiben, muß man ihm eine Anfangsgeschwindigkeit erteilen, die gerade so groß ist als diejenige, welche er durch den freien Fall von der Höhe h herab erlangt, also $c = v = \sqrt{2gh}$.

2. Entwicklung der Flugbahn im luftleeren Raume

In Folge der Pulverkraft allein müßte das Geschoß im luftleeren Raume mit der ihm erteilten Geschwindigkeit und in der durch den Abgangswinkel bezeichneten Richtung eine gleichförmige Bewegung annehmen. Sobald es aber die Mündung des Rohres verläßt, verfällt es dem Einfluß der Schwerkraft. Es wirken demnach, wenn man vorderhand von andern Einflüssen absieht, hauptsächlich 2 Kräfte, eine sogenannte augenblickliche und eine fortwährend beschleunigende, in verschiedenen Richtungen auf das Geschoß ein. Unter der Wirkung dieser beiden Kräfte wird sich das Geschoß daher nach dem Gesetze vom Parallelogramm der Kräfte(x) in einer diagonalen Richtung bewegen.

x) Dieses Gesetz lautet: „Wenn 2 Kräfte unter irgendeinem Winkel auf einen Punkt (A) einwirken, so folgt dieser einer Mittelrichtung zwischen den beiden gegebenen Kraftrichtungen. Diese Mittelrichtung (Resultierende) ist aber die Diagonale des Parallelogramms, das man erhält, wenn man durch die Endpunkte (B und C) der 2 Geraden (Komponenten), welche die Wege oder erteilten Geschwindigkeiten der einzelnen Kräfte vertreten, parallele Linien zieht und diese verlängert,



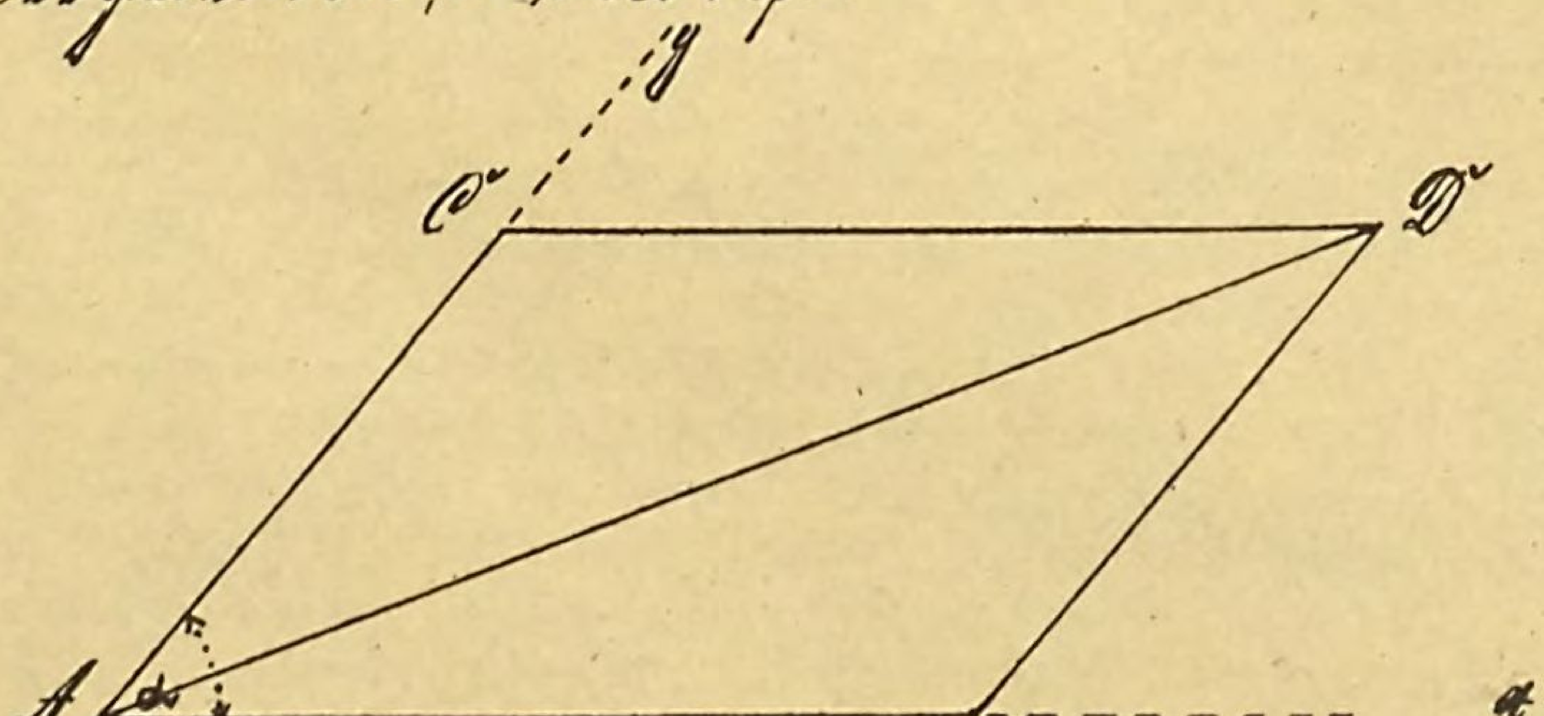
Vermöge seiner Anfangsgeschwindigkeit würde also das Geschoß in den einzelnen Zeitteilchen (Sekunden) die gleichen Wege AB = BC = CD = DE u. s. f. zurücklegen. Vermöge der Schwere jedoch

nach der 1.) Sekunde um 4,9 . 1 = 4,9 m,
" " 2.) " " 4,9 . 4 = 19,6 m,
" " 3.) " " 4,9 . 9 = 44,1 m,
" " 4.) " " 4,9 . 16 = 78,4 m u. s. w.

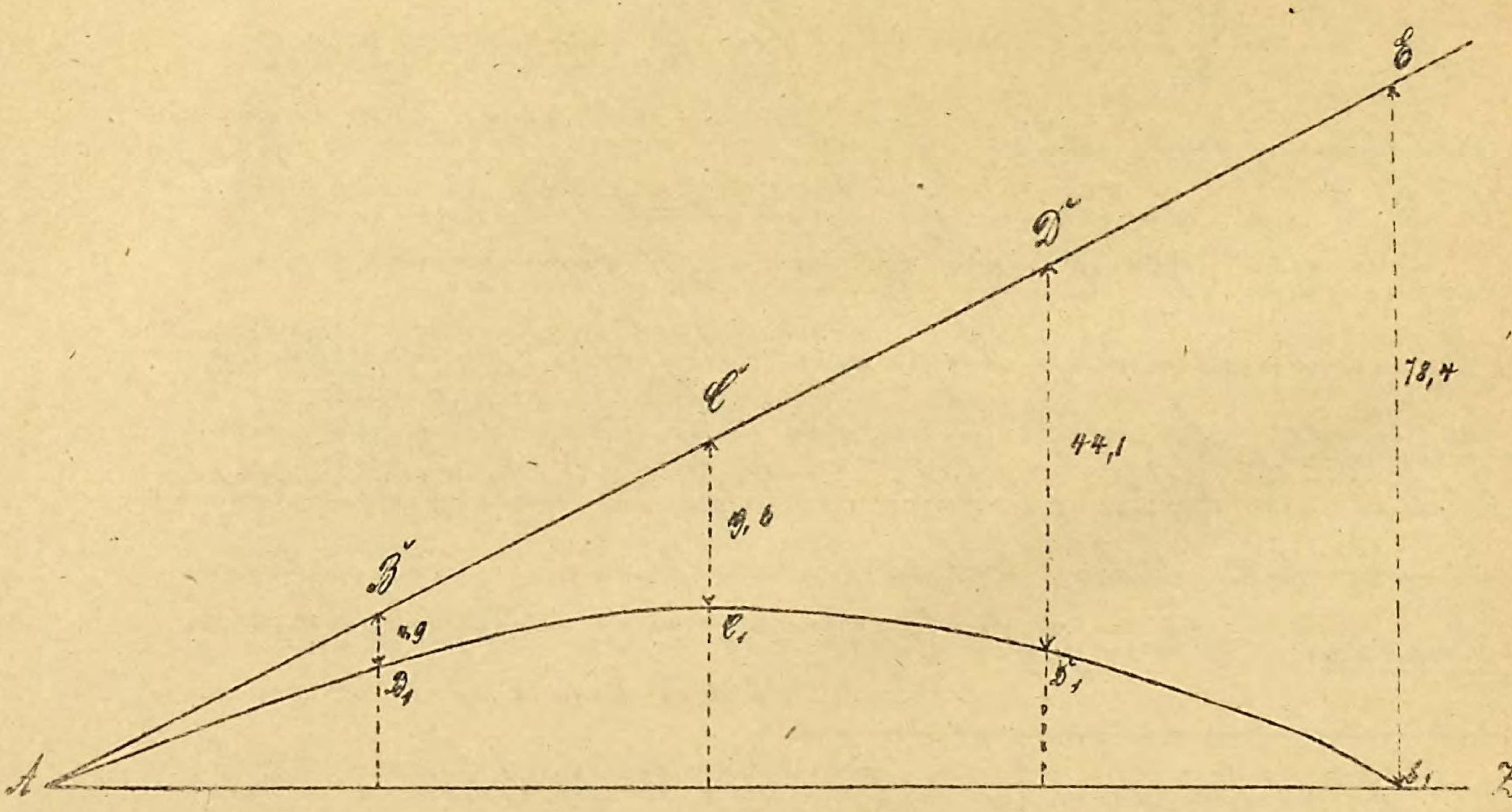
gefallen sein, also sich nicht in den Punkten B, C, D, E etc., sondern in den vertikal darunterliegenden B', C', D', E' u. s. w. befinden.

Verbindet man diese letzteren durch eine stetig gekrümmte Kurve, so erhält man das Bild der Flugbahn im luftleeren Raume. Diese erhaltene Bahnkurve ist eine der bekannten 3 Kegelschnittlinien, nämlich eine Parabel. Man faßt daher die Lehre über die

bis sie sich schneiden (in D). Diese so gefundene Mittellinie stellt nicht nur die Richtung, sondern auch die Größe der aus den beiden gegebenen Kräften sich ergebenden „Mittelkraft."



Flugbahn im luftleeren Raum unter dem Namen der „parabolischen Theorie" zusammen.
Liegt die Rohrmündung nicht horizontal, sondern ist sie nach aufwärts gerichtet, so gelten die nämlichen Verhältnisse. Denn auch in diesem Falle würde das Geschoß, wenn die Kraft der Pulvergase allein wirken würde, der Richtung der Seelenachse folgen und demgemäß nach der 1. Sekunde in B, nach der 2. in C, nach der 3. in D u.s.w. anlangen. Weil aber die Schwerkraft dasselbe zur Erde zieht, und je länger die Zeit des Falles dauert, die Fallgeschwindigkeit und die Fallräume des Geschoßes immer größer werden (nach der Formel $\frac{1}{2}gt^2$), so daß es nach der 1. Sekunde in B_1, also um $BB_1 = 4{,}9$ m unter B, nach der 2. in C_1, oder um 19,6 m unter C herabgesunken ist, so bewegt es sich auf der krummen Linie A, B_1, C_1, D_1 rc.



Um nun die Eigenschaften dieser letzteren Flugbahn kennen zu lernen, muß vorausgesetzt werden, daß der Anfangspunkt und das Ende der Flugbahnkurve in einem Horizonte liegen; da jener Punkt A der Mittelpunkt der Rohrmündung ist, so bezeichnet man die durch ihn gelegte Horizontale AZ als den „Mündungshorizont" und es ist allgemein gebräuchlich, Flugbahnberechnungen auf denselben zu beziehen. Ohne Berücksichtigung der Neigung,

heit ist dies aber nur dann statthaft, wenn der Mündungshorizont eine konstante Lage hat. Dies ist nun bei Geschützen gewöhnlich nicht der Fall, da deren Rohre sich zur Veränderung des Abgangswinkels nicht um eine durch die Mündung gedachte, sondern in der Regel um eine nächst der Rohrmitte liegende Querachse, die Schildzapfenachse, drehen. Die Lage dieser Achse ist also eine gleichbleibende und hat man daher vielfach vorgezogen, die Flugbahnberechnungen (für die Schusstafeln) bei Geschützen auf den Schildzapfenhorizont zu beziehen, der übrigens, bei horizontal gestelltem Rohre, gewöhnlich mit dem Mündungshorizont zusammenfällt.

Ferner ist leicht einzusehen, dass die Krümmung dieser Bahn abhängt von der Anfangsgeschwindigkeit c. Je grösser diese ist, um so geringer ist verhältnismässig die durch die Schwere hervorgerufene Ablenkung, um so mehr nähert sich die Flugbahn einer geraden Linie, sie wird gestreckter und somit rasanter.

Zur Veranschaulichung gewisser Gesetze der Flugbahn ist es von Wert, den Weg des Geschosses je nach den bekannten Daten auch zeichnen zu können. Hiernach gibt es verschiedene Methoden der Konstruktion.

3. Konstruktion parabolischer Flugbahnen.

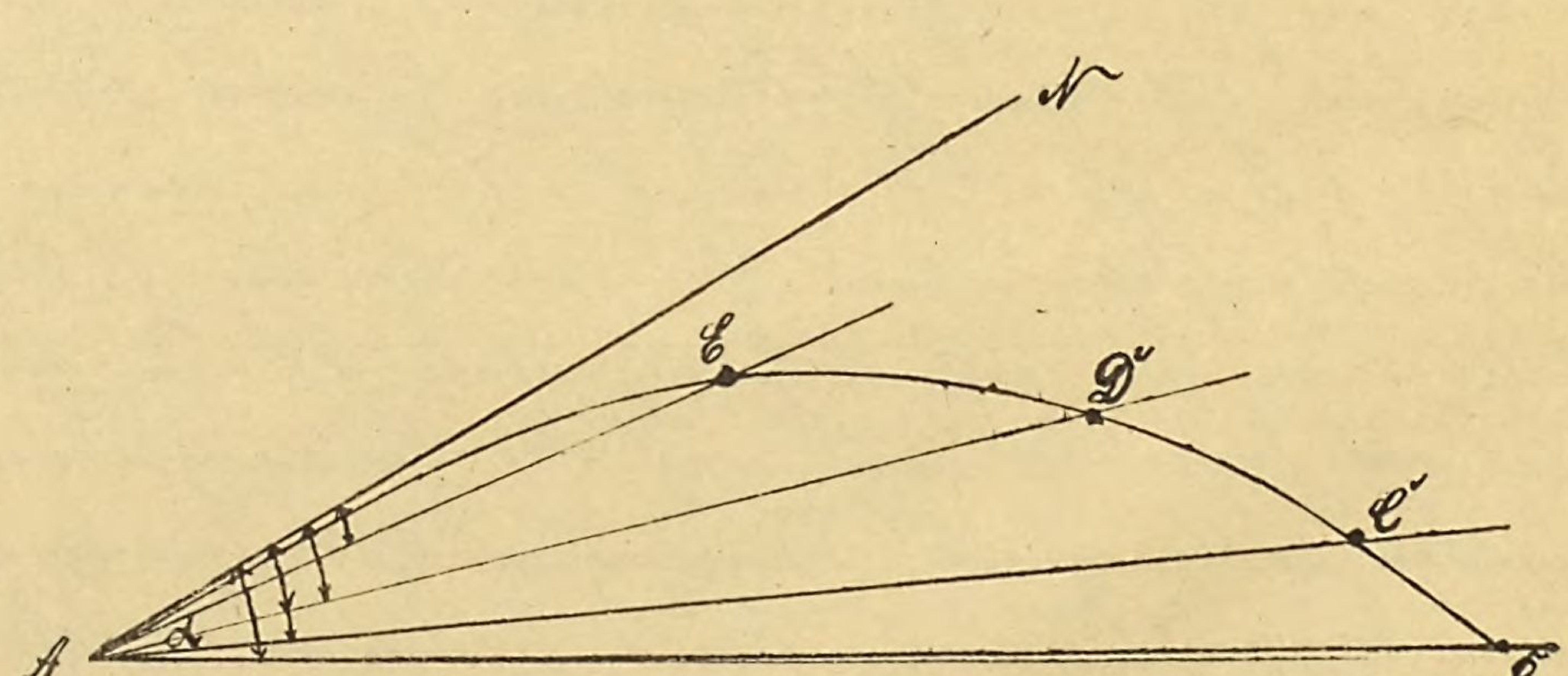
1, Die Anfangsgeschwindigkeit und der Erhöhungswinkel ist bekannt.

Man zieht eine horizontale Linie AZ (vide ~~obige~~ nebige Fig.), trägt an ihr den Erhöhungswinkel $\alpha = EAZ$ an und bezeichnet auf dessen schiefliegenden Schenkel AE die Wege $AB = BC = CD = DE = c$ = der gegebenen Anfangsgeschwindigkeit. Von den Punkten B, C, D... fällt man Lote auf die Horizontale AZ und schneidet auf diesen der Reihe nach die den verschiedenen Zeiten entsprechenden Fallräume 4,9 m bezw. 19,6 m bezw. 44,1 m u.s.w. ab; die so gefundenen Punkte B_1, C_1, D_1 etc. gehören der Flugbahn an, deren Bild man erhält, wenn man dieselben durch eine stetige krumme Linie verbindet.

Anmkg. Das Bild wird nur der wirklichen Flugbahn ähnlich, wenn durch die ganze Zeichnung derselbe Maßstab angewendet wird; in der Regel geschieht dies aber nicht, sondern man trägt zur Gewinnung deutlicher Bilder die Höhendimensionen in einem 5 bis 10 mal größeren Maßstabe auf. Aus gleichem Grunde vergrößert man in der Zeichnung auch öfters den Erhöhungswinkel oder er ergibt sich so wie so vergrößert in Folge des größeren Maßstabes für die Höhendimensionen (nach der Formel $tg\,\alpha = \frac{Ez}{Az}$).

2.) Die Erhöhungswinkel für verschiedene Entfernungen sind gegeben.

An eine Horizontale AB, welche der größten der gegebenen Entfernungen entspricht, trägt man den zugehörigen größten Erhöhungswinkel BAN = α an.
Innerhalb dieses Schenkels werden die übrigen Erhöhungswinkel der Reihenfolge nach, vom kleinsten angefangen, an den schiefliegenden Schenkel AN hinkonstruiert, sodann auf dem der Horizontalen nächstliegenden Schenkel AE, AD, AC..... jedes Winkels die Größe der Entfernung (nach dem gewählten Maßstabe) abgeschnitten, für welche der betreffende Winkel gilt.
Die Verbindung der auf diese Weise erhaltenen Punkte A, E, D, C, B, gibt ein der Flugbahn ähnliches Bild:



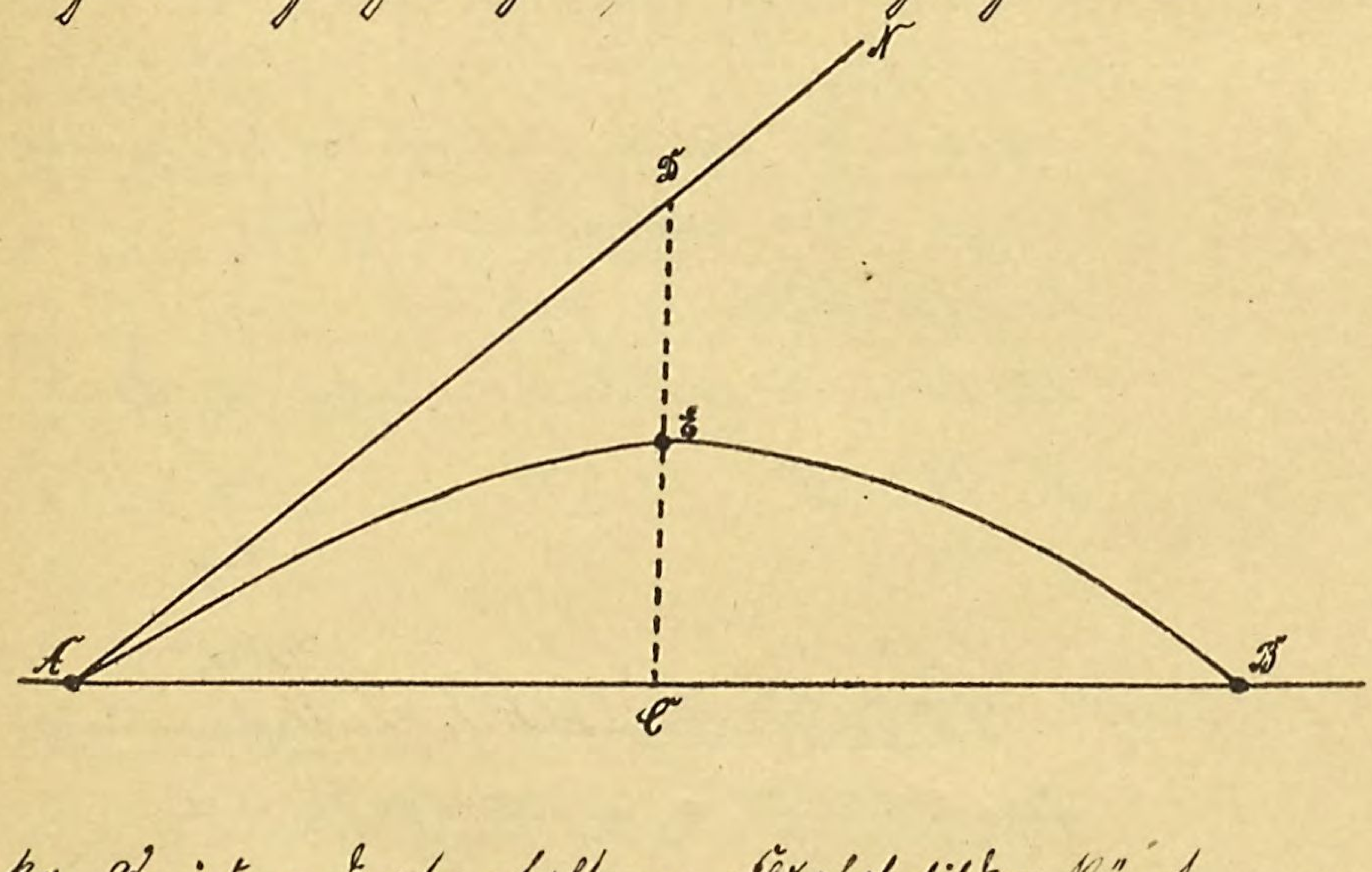
Anmerkung. Dieses Verfahren gründet sich auf die Anschauung, daß der Flugbahnbogen unter einer größeren Erhöhung, als die Fortsetzung jenes unter einer kleineren Erhöhung betrachtet werden kann,

wenn das Geschoß im letzteren Fall seine Bahn ungehindert fortsetzen kann; z. B. man feuert unter einer Erhöhung von 4° und das Terrain fällt vor dem Geschütze um 4° ab (also Terrainwinkel = −4°), so wird die Flugbahn dieselbe sein, als ob man bei horizontalem Terrain unter 4 + 4 = 8° gefeuert hätte.

Dies ist auch der Grund, warum beim Schießen der positive Terrainwinkel zu der der Entfernung entsprechenden Erhöhung addiert, der negative davon subtrahiert werden muß, um keine zu kleinen resp. zu großen Schußweiten zu erhalten.

3.) Die Erhöhung und die damit erreichte Entfernung ist gegeben.

Man trägt den Erhöhungswinkel NAB an eine der gegebenen Entfernung entsprechende Horizontale AB an, halbiert dieselbe d. h. macht AC = BC = ½ AB; errichtet im Halbierungspunkte C das Lot CD, welches den schiefliegenden Schenkel AN in D schneidet, halbiert hierauf CD, so ist der Halbierungspunkt E der Scheitel der Flugbahn und man hat somit von derselben 3 Punkte, mittelst welcher durch geeignete Verbindung ein der wirklichen Flugbahn ähnliches Bild erzeugt wird.

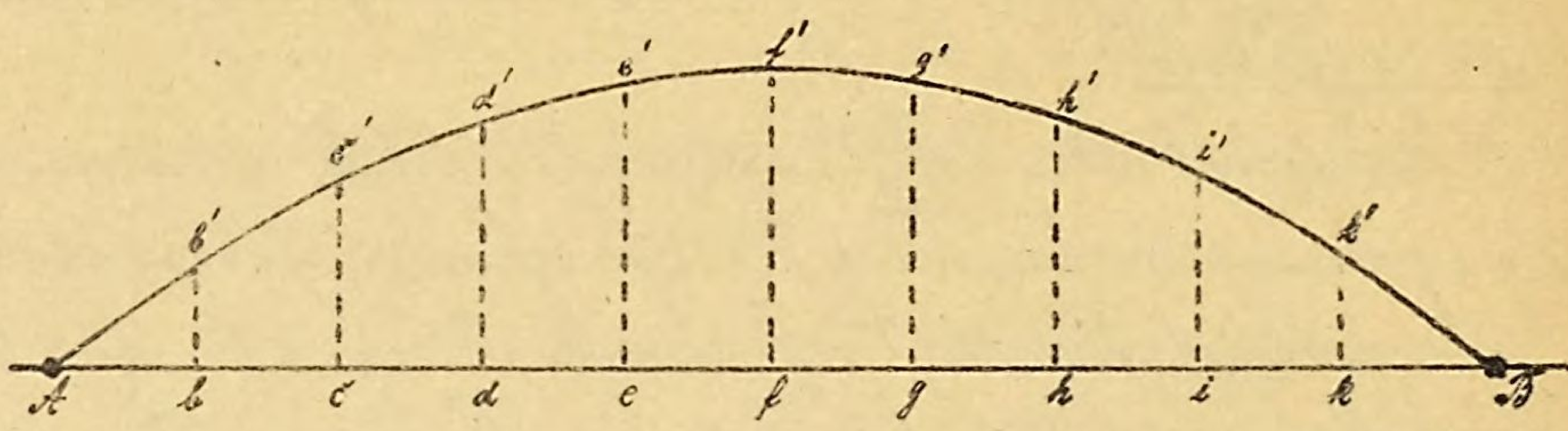


Anmkg. In jedem der so erhaltenen Flugbahnbilder könnte man noch die Horizontale von 100 m zu 100 m einteilen und in diesen Teilpunkten Senkrechte errichten, welche man bis zum Schnitt der Flugbahnlinie verlängert. Hierdurch erhält man die Erhebungen (Ordinaten) der Flugbahn auf die verschiedenen Entfernungen

über der Horizontalen veranschaulicht.

4.) Man kennt die Schußweite und die Ordinaten der Flugbahn.

Man trägt auf einer Horizontalen die zu den Ordinaten gehörigen Abscissen (d. i. man teilt dieselbe von 100 m zu 100 m ein oder sucht die den gegebenen Zielentfernungen entsprechenden Punkte) auf; in diesen Punkten errichtet man Lote nach aufwärts und trägt die zugehörigen Ordinaten auf diesen ab. Die Endpunkte der Ordinaten werden durch eine krumme Linie verbunden, welche ein der Flugbahn ähnliches Bild gibt, wenn nicht, wie es meist geschieht, die Höhendimensionen in einem 10fachen Maßstab aufgetragen sind.



Anmerkung. Obwohl die Berechnung der Ordinaten der Flugbahn erst im nächsten Kapitel gezeigt werden soll, so will hier doch ein Hilfsmittel angegeben werden, dieselben aus der Schußtafel mit den darin enthaltenen Erhöhungswinkeln und den dazugehörigen Entfernungen zu berechnen:

„Es soll die Flugbahn für eine beliebige Schußweite = x Meter mittelst der Ordinaten von 100 zu 100 m konstruiert werden.

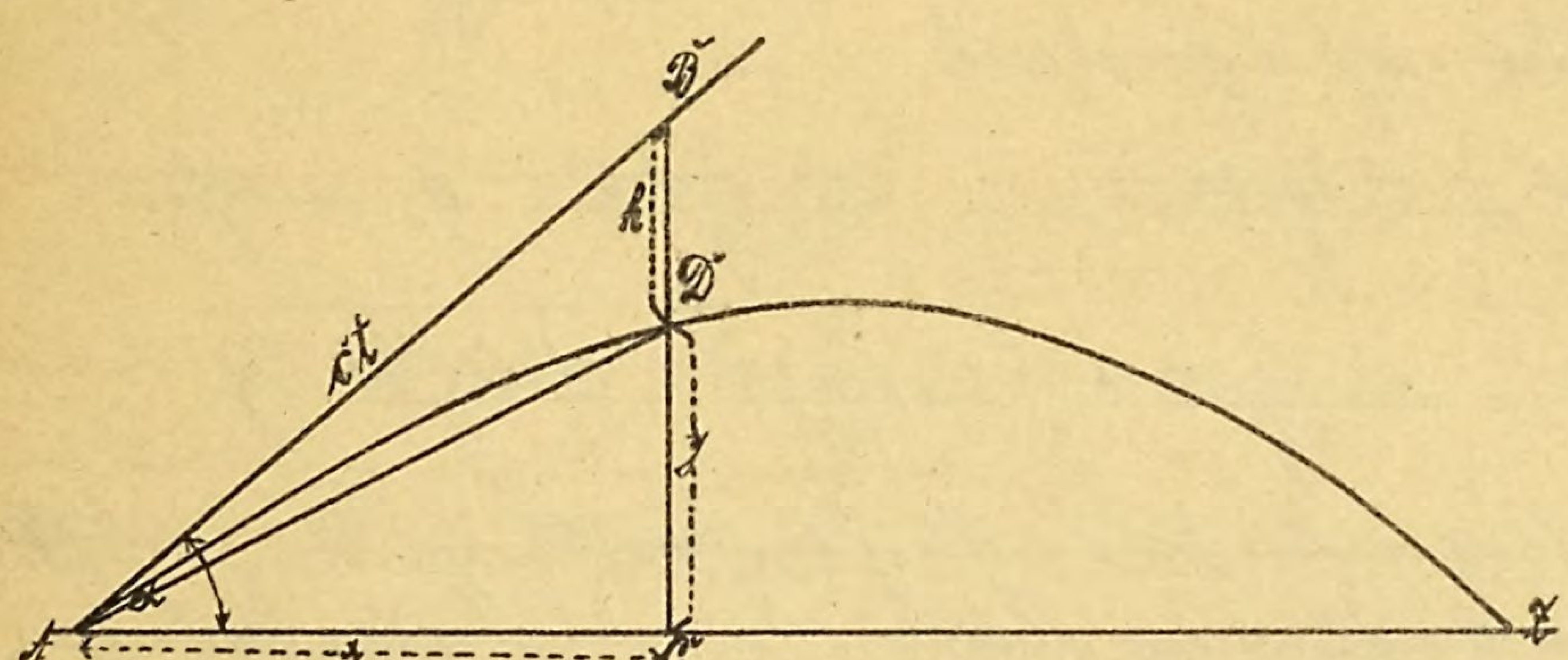
Nach der Schußtafel gehört

für 100 m der Erhöhungswinkel α_1 Grad;
„ 200 m „ „ α_2 „ ;
„ 300 m „ „ α_3 „ ;
„ x m „ „ α_x „ ;

Die Ordinaten für diese Entfernungen betragen dann für 100 m $= 100 \cdot \sin(\alpha_x - \alpha_1)$;
„ 200 „ $= 200 \cdot \sin(\alpha_x - \alpha_2)$;
„ 300 „ $= 300 \cdot \sin(\alpha_x - \alpha_3)$ u. s. w.
„ x „ $= x \cdot \sin(\alpha_x - \alpha_x) = 0$.

a.) Die Coordinatengleichung für die parabolische Flugbahn.

Zur vollständigen Kenntnis der Geschoßbahn muß man wissen, wo sich das Geschoß in jedem Augenblick befindet d.h. man muß
1) seine senkrechte Höhe über dem Horizont der Geschützmündung, die Flughöhe oder die Ordinate (y);
2) die horizontale Entfernung des Fußpunktes dieser Ordinate von der Geschützmündung, die Abscisse (x), kennen.
Die Herleitung dieser Formeln auf mathematischem Wege nennt man die Aufstellung der Coordinaten-Gleichung; dieselben sind einfach und doch höchst wichtig, da man sie bei der der Parabel immerhin nahestehenden Flugbahn gezogener Geschütze mit hinlänglicher Genauigkeit verwenden kann.



Ein von A aus mit der Anfangsgeschwindigkeit = c unter dem Abgangswinkel α in Bewegung gesetzter Geschoß würde nach dem Vorausgesandten, ohne den Einfluß der Schwere, nach t Sekunden nach B gelangt sein, wobei $AB = ct$ ist; infolge der Schwere ist es indes nach D gelangt oder um $BD = \frac{1}{2} gt^2$ gefallen.
Fällt man nun von B aus ein Lot BC auf die Horizontale AZ, so ist

AC die Abscisse x
CD die Ordinate y } des Punktes D der Flugbahn.

Da, wie oben erwähnt, $AB = ct$ ist, so ist

$$x = AB . \cos\alpha = ct . \cos\alpha \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (X)$$

Ferner ist:

$BC = y + h$; außerdem aber auch
$BC = ct . \sin\alpha$;

durch Gleichsetzung dieser beiden Werte für Bl erhält man

$$y + h = c t . \sin\alpha ;$$

nun ist aber nach den Fallgesetzen $h = \frac{1}{2} g t^2$, folglich ist

(XI) $y = c t . \sin\alpha - \frac{1}{2} g t^2$;

Setzt man den aus Gleichung (X) sich ergebenden Wert von $t = \frac{x}{c . \cos\alpha}$ ein, so erhält man die Coordinaten-Gleichung zwischen x und y, mit Hilfe deren man die Flughöhe für jede horizontale Entfernung bestimmen kann. Es wird

(XII) $y = \frac{c . \sin\alpha . x}{c . \cos\alpha} - \frac{1}{2} . \frac{g x^2}{c^2 . \cos^2\alpha} = x . tg\alpha - \frac{g}{2} . \frac{x^2}{c^2 . \cos^2\alpha}$

oder nach x geordnet

$$x^2 - \frac{c^2 . \sin 2\alpha}{g} . x = - \frac{2 c^2 . \cos\alpha^2}{g} . y, \text{ mithin}$$

(XIII) $x = \frac{c^2 . \sin 2\alpha}{2 g} \pm \sqrt{\frac{c^4 . \sin 2\alpha^2}{4 g^2} - \frac{2 c^2 . \cos^2\alpha^2}{g} . y}$

Diese gefundenen Gleichungen (XII und XIII) sind also die Gleichung der Flugbahn im luftleeren Raum; da diese Form aber auch gleichzeitig die Coordinaten-Gleichung der Parabel ist, so ist damit bewiesen, dass diese Flugbahn wirklich eine Parabel ist.

Man übersieht leicht, dass für $y = 0$ d. h. wenn das Geschoss zu Boden gefallen ist resp. den Mündungs-Horizont wieder erreicht hat, die Abscisse x zur Schussweite (w) wird. Setzt man diese Werte ($y = 0$ und $x = w$) in Gleichung (XII) ein, so erhält man

$$0 = w . tg\alpha - \frac{w^2}{c^2 . \cos^2\alpha} . \frac{g}{2} \text{ oder}$$

$$w . tg\alpha = \frac{2 c^2 . \cos^2\alpha}{w^2 . g} \text{ und } w g = 2 c^2 . \cos^2\alpha . tg\alpha,$$

daher

(XIV) $w = \frac{2 c^2 . \cos\alpha . \sin\alpha}{g} = \frac{c^2 . \sin 2\alpha}{g}$

Dies ist die sogenannte Schussweitenformel der parabolischen Theorie. Aus derselben geht

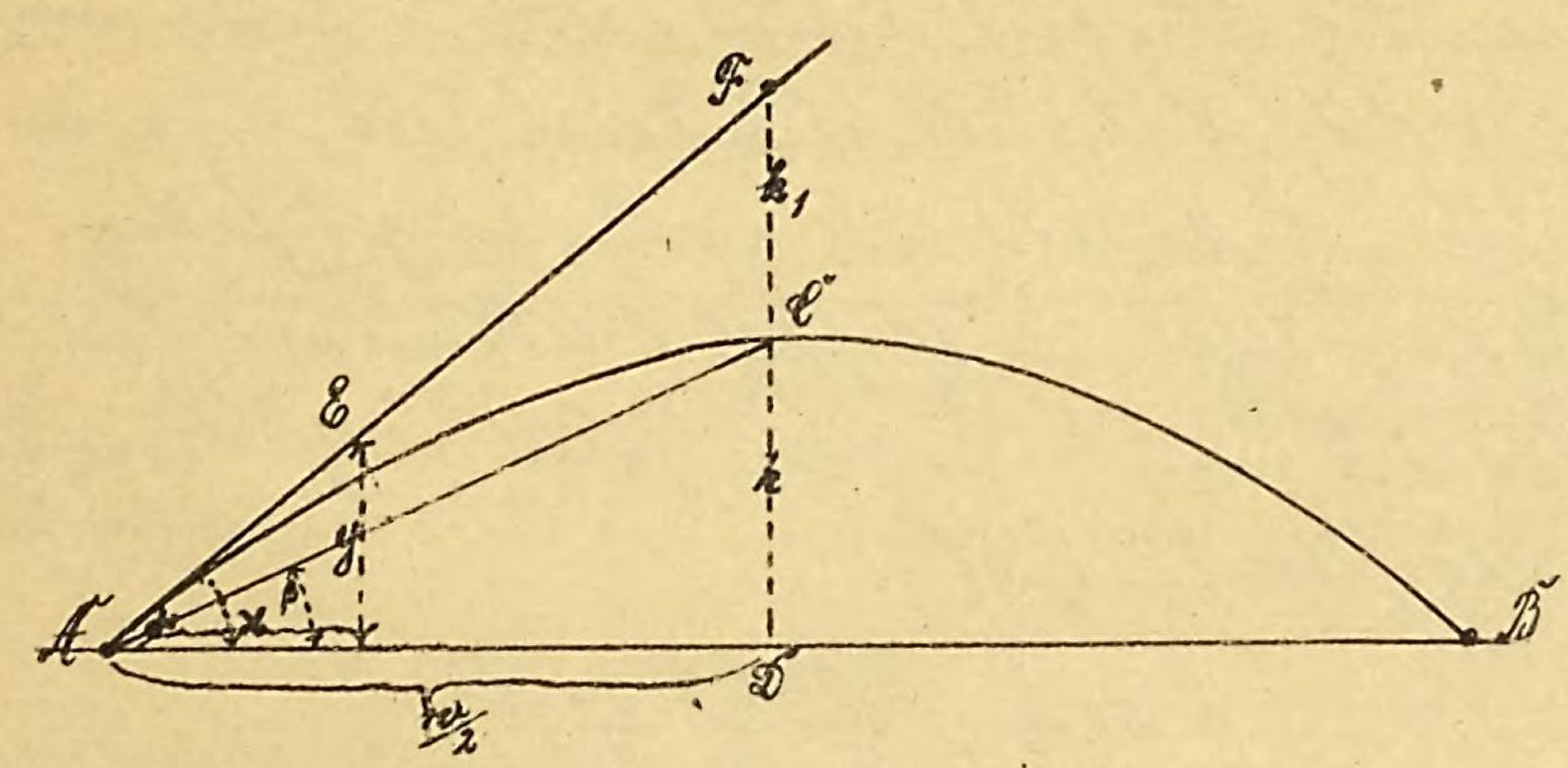
Ferner:

1) bei gleichen Erhöhungen verhalten sich die Schußweiten, wie die Quadrate der Anfangsgeschwindigkeit (z. B. doppelte Anfangsgeschwindigkeit gibt also 4 fache Schußweite)

2) bei gleichen Anfangsgeschwindigkeiten verhalten sich die Schußweiten wie die sinuse der doppelten Erhöhungswinkel; dieselbe wächst also mit dem sinus des doppelten Erhöhungswinkels und ist daher am größten bei einem Abgangswinkel von 45° (weil $\sin 2.45^\circ = \sin 90^\circ = 1$ ist.

3.) bei gleichen Schußweiten verhalten sich die Quadrate der Anfangsgeschwindigkeiten, wie die Sinus der doppelten Erhöhungswinkel.

5. Berechnung des Scheitels der Flugbahn, der Geschwindigkeiten und Flugzeiten.



Die Anfangsgeschwindigkeit $c = AE$ kann in die beiden Kräfte x und y od. $c.\cos\alpha$ und $c.\sin\alpha$ zerlegt gedacht werden, von denen letzterer der Schwere gerade entgegenwirkt; der höchste Punkt der Flugbahn (C = Scheitel oder Kulminationspunkt) muß also erreicht sein, wo diese Kraft der Schwere das Gleichgewicht hält, also wo $c.\sin\alpha = gt$ ist.

Fragt man also, zu welcher Zeit der höchste Punkt der Flugbahn erreicht wird, so erhält man

$$T = \frac{c.\sin\alpha}{g} \qquad \text{(XV)}$$

Die Abscisse für diesen Punkt C ist AD oder

$$AD = \frac{c^2.\sin\alpha.\cos\alpha}{2g} = \frac{c^2.\sin 2\alpha}{2g}; \qquad \text{(XVI)}$$

Vergleicht man aber diese Formel mit der obigen Schußweitenformel (XIV), so erkennt man, daß $AD = \frac{w}{2}$ ist.
Die zugehörige Ordinate CD ist diejenige der halben Schußweite, durch Ermittlung dieser wird mithin gleichzeitig die Steighöhe der Geschosse ermittelt. Um diese zu finden, wendet man den Satz der Parabel an, daß die Tangente die Ordinatenachse so schneidet, daß dieser Abschnitt bis zum Scheitel gleich ist dem Abschnitt vom Scheitel bis zum Parameter, also $h_1 = h$, woraus folgt

(XVII^a) ... $tg\alpha = \frac{2h}{\frac{w}{2}}$ oder $h = \frac{w}{4} \cdot tg\alpha$

Eine andere Art die Steighöhe zu ermitteln, wenn man die Flugzeit kennt, ist die, daß man sagt: Das Geschoß braucht ebensoviel Zeit, um in die Höhe zu steigen, als herunter zu fallen.
Bedarf also ein Geschoß t Sekunden, um den Weg AB zurückzulegen, so ist nach Formel (II) der Fallgesetze ($s = \frac{1}{2} g t^2$)

(XVII^b) $h = \left(\frac{t}{2}\right)^2 \cdot \frac{g}{2} = \frac{1}{8} g t^2$

Eine 3. Art, die Ordinate des Gipfels der Bahn oder die Steighöhe zu finden, ergibt sich aus Gleichung XIV und XII. Es ist nämlich $\frac{c^2 \cdot \sin\alpha \cdot \cos\alpha}{g} = w$ (Schußweitenformel), woraus unmittelbar folgt, $\frac{2c^2 \cdot \cos\alpha \cdot \cos\alpha}{g} = \frac{w}{tg\alpha}$; unter Benutzung der Abschußgleichung (XII) erhält man durch Einsetzen dieser Werte

$$x^2 - wx = -\frac{w}{tg\alpha} \cdot y$$ und hieraus

(XVII^c) y oder $h = \frac{c^2 \sin^2\alpha}{2g} = CD$

Endlich kann die Ordinate des Scheitels der Bahn auch aus der Schußtafel nach Analogie der Anmerkung in der letzten Aufgabe über die Konstruktion der

Flugbahnen gefunden werden.
Ist α der Erhöhungswinkel für die ganze
" β " " " " halbe
Schußweite, mithin

$$\sin(\alpha-\beta) = \frac{h}{AC''} \text{ oder } h = AC''.\sin(\alpha-\beta).$$

Man kann nun ohne großen Fehler AD für AC'' setzen (denn es ist zwar eigentlich $AC = \frac{AD}{\cos\alpha}$; die cos der Winkel unter 10° sind aber nahezu = 1), mithin hat man

$$h = \frac{w}{2}.\sin(\alpha-\beta) \dots\dots\dots\dots (XVII^{d})$$

Die Flugzeiten findet man folgendermaßen:
Nach Gleichung (X) ist $x = ct.\cos\alpha$ woraus folgt

$$t = \frac{x}{c.\cos\alpha} \dots\dots\dots\dots (XVIII^{a})$$

Für den Endpunkt der Bahn oder die ganze Schußweite ist $x = w = \frac{c^2 \sin 2\alpha}{g}$, diesen Werth eingesetzt, erhält man

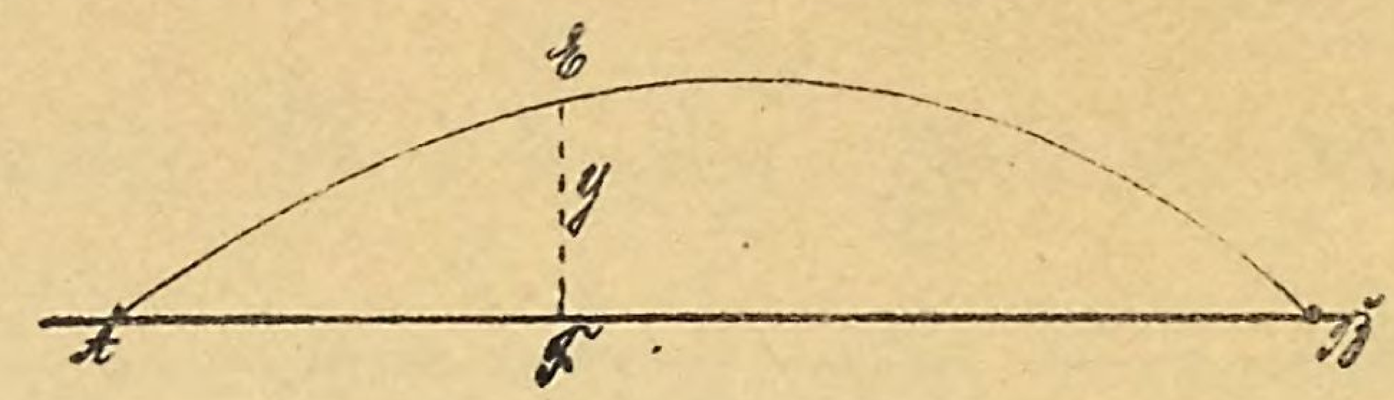
$$T = \frac{2c.\sin\alpha}{g} \dots\dots\dots\dots (XVIII^{b})$$

In Schußweite ausgedrückt geht die Gleichung über in

$$T = \sqrt{\frac{2w.tg\alpha}{g}} \dots\dots\dots\dots (XVIII^{c})$$

Die Geschwindigkeiten in jedem Punkte der Flugbahn ermittelt man mit Hilfe der beiden Formeln (I) und (II) der Fallgesetze; aus diesen findet man $v = \sqrt{2sg}$.
Ein Geschoß, das von E nach F fällt, hat also die Geschwindigkeit $\sqrt{2yg}$. Es ist aber ganz gleichgiltig für die Einwirkung der Schwere, ob ein Geschoß von E nach B fliegt oder von E nach F frei senkrecht fällt, da die Schwerkraft immer in derselben Weise auf ein Geschoß wirkt, gleichviel, ob es

inzwischen von der Pulverkraft fortgetrieben wird oder nicht;



z. B. ein Geschoß, welches man von der Höhe der Mündung eines Geschützes herabfallen läßt, muß, wenn man von sonstigen Einflüssen, wie Luft-Widerstand u. absieht, zu derselben Zeit den Erdboden berühren, als wenn es zur nämlichen Zeit, wo der freie Fall begann, aus einem Rohre mit horizontal gerichteter Seelenachse abgefeuert wird. Die Schwerkraft muß man in beiden Fällen von der Anfangsgeschwindigkeit in Abzug gebracht werden, wenn man die Geschwindigkeit im Punkte E ermitteln will. Hiernach ist dieselbe

(XIX) $v = c - \sqrt{2gy}$.

Für den Punkt B ist $y = 0$, folglich die Endgeschwindigkeit gleich der Anfangsgeschwindigkeit. Ist φ der Winkel, welchen eine Bahntangente mit der Horizontalen bildet,

(XX) $\operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg} \alpha - \frac{gx}{c^2 \cos^2 \alpha}$;

daraus ergibt sich für die Geschwindigkeit in einem beliebigen Punkte der Bahn

(XXI) $v = \frac{c \cdot \cos \alpha}{\cos \varphi}$; dieselbe ist ferner

(XXII) $v = \frac{\sqrt{c^4 \cdot \cos^2 \alpha - c^2 \cdot gx \cdot \sin 2\alpha + g^2 x^2}}{c \cdot \cos^2 \alpha}$

6. Eigenschaften der parabolischen Flugbahn

Aus der parabolischen Gestalt der Flugbahn im luftleeren Raum lassen sich folgende Gesetze und Eigenschaften derselben erkennen.

a) Die ganze Flugbahn liegt in einer Ebene, welche senkrecht auf dem Horizonte steht.

b) Der Weg eines mit Erhöhung abgefeuerten Geschosses geht anfänglich nach aufwärts bis zu einem gewissen Punkt, von welchem aus er sich wieder nach abwärts senkt. Jede Flugbahn hat daher einen höchsten Punkt, der Scheitel, Gipfel oder Kulminationspunkt heißt.

c) Der Scheitel der Flugbahn liegt genau in der Mitte so daß sie hiedurch in 2 kongruente, symmetrische Hälften geteilt wird, welche der auf- resp. absteigende Ast der Bahn genannt werden.

d) Die senkrechte Linie vom Scheitel auf den Horizont gibt die größte Höhe der Flugbahn, Scheitelhöhe oder Flughöhe an.

e.) Aus der Kongruenz der auf- und absteigenden Äste folgt, daß in gleichen Abständen von der Scheitellinie auch die Ordinaten der Flugbahn gleich sind und umgekehrt.

f.) Die Fallhöhe des Endpunktes der Bahn d. i. die größte Fallhöhe ist 4 mal so groß, als die Ordinate des Scheitels der Bahn.

g.) Auf den gleichen Höhen der Flugbahn sind die Fluggeschwindigkeiten in den beiden Ästen dieselben, daher ist die Endgeschwindigkeit auch gleich der Anfangsgeschwindigkeit.

h.) Aus diesem Grunde ist die nämliche Zeit nötig zum Zurücklegen der auf- wie absteigenden Äste.

i.) Die Flugzeiten verhalten sich bei gleichen Anfangsgeschwindigkeiten, wie die sinus der Erhöhungswinkel, bei gleichen Erhöhungswinkeln wie die Anfangsgeschwindigkeiten.

k.) Die Flugbahnen sind um so höher, je größer der Erhöhungswinkel ist (bei gleicher Anfangsgeschwindigkeit).

l) Die Schußweite ist um so größer, je größer der Erhöhungswinkel (bis zu 45°) wird.

m.) Die größte Schußweite wird mit einer Erhöhung von 45° erreicht.

n) Bei Winkeln, die größer als 45° sind, werden die Flugbahnen zwar höher, aber die Schußweiten geringer, je mehr sie sich dem Winkel von 90° nähern.

o) Die Schußweiten sind (unter der Voraussetzung gleicher Anfangsgeschwindigkeiten) bei Winkeln, die sich gegenseitig zu 90° ergänzen, gleich groß, z. B. bei 30° und 60°, weil $\sin(90°+\alpha)$ und $\sin(90°-\alpha)$ einander gleich sind; diese Bahnen sind aber verschieden gekrümmt.

p.) Der Abgangs- und der Einfallwinkel sind gleich groß.

q.) Bei gleichen Erhöhungswinkeln erreicht das Geschoß mit der größeren Anfangsgeschwindigkeit die größere Schußweite, bei gleicher Anfangsgeschwindigkeit jenes mit der größeren Erhöhung (bis zu 45°)

r) Bei gleicher Anfangsgeschwindigkeit wird die kleinere Erhöhung stets flachere Bahnen und kürzere Flugzeiten ergeben, als die größere.

s.) Bei einerlei Erhöhung wird die größere Anfangsgeschwindigkeit eine, an sich zwar gestrecktere, doch aber höher liegende Bahn erzielen, weil dieselbe weiter gespannt ist.

Die Betrachtung der vorstehenden Formeln und Folgerungen ergibt durch Zusammenstellung folgende Gesetze: Es verhalten sich

a) <u>bei gleichen Anfangsgeschwindigkeiten</u>

α) die Schußweiten wie die Sinuse der doppelten Erhöhungswinkel;

β) die Flugzeiten wie die Sinuse der einfachen Erhöhungswinkel.

b) <u>bei gleichen Erhöhungswinkeln</u>

α.) die Schußweiten wie die Quadrate der Anfangsgeschwindigkeiten;

β) die Flugzeiten wie die Geschwindigkeiten;

γ) die Schußweiten wie die Quadrate der Flugzeiten;

B) <u>Bei gleichen Schußweiten</u>

α) die Quadrate der Flugzeiten wie die Tangenten der Erhöhungswinkel;

β) die Quadrate der Anfangsgeschwindigkeiten umgekehrt wie die Sinus der doppelten Erhöhungswinkel.

7) Anwendung und Beispiele.

Da die Bewegung der Geschosse nicht im luftleeren Raum, vielmehr durch Luftwiderstand und Rotation nicht unwesentlich modifiziert wird, so werden die entwickelten Formeln nicht mit den Resultaten der Wirklichkeit übereinstimmen und zwar um so weniger, je größer die Strecke ist, auf welche sie angewendet wird. Bei kurzen Strecken und unter solchen Umständen, welche den Einfluß des Luftwiderstandes und der Rotation auf ein Minimum beschränken (z. B. beim Schießen aus Mörsern mit kleinen Ladungen, auch bei gezogenen Kanonen auf kleinen Entfernungen) erhält man annähernd richtige, zum Teil praktisch brauchbare Resultate.

Das Zutreffen der parabolischen Theorie läßt sich aus der Schußtafel am besten durch den Vergleich der Erhöhungs- und Einfallwinkel erkennen, die nach dieser Theorie dieselben gleich sein müßten; je weniger dieselben unterschieden sind, desto mehr trifft im allgemeinen auch die parabolische Theorie zu.

Mit Hilfe der aufgestellten Formeln läßt sich nun berechnen:

a) die Schußweiten bei gegebener Erhöhung und Anfangsgeschwindigkeit;

b) die Erhöhungswinkel aus den erreichten Schußweiten;

c) die Anfangsgeschwindigkeit aus gegebenen Erhöhungswinkeln.

d) die Ordinaten und Abscissen eines beliebigen Punktes der Flugbahn;

e) speziell die Flughöhe und größte Fallhöhe;
f) die Flugzeiten und
g) die Geschwindigkeiten.

§5.

D. Der Luftwiderstand.

1) Gesetze des Luftwiderstandes.

Die Erfahrung lehrt, daß die Geschosse sich nicht nach den im §4 entwickelten Gesetzen, die nur für den luftleeren Raum Geltung haben, bewegen, sondern daß die Flugbahn durch den Einfluß der atmosphärischen Luft auf geschleuderte Körper wesentlich modifiziert wird.
Die atmosphärische Luft ist ein elastisches, gasförmiges Mittel, welches den sich in ihm bewegenden Körpern augenscheinlich einen gewissen Widerstand entgegensetzen muß, weil in Folge jener Bewegung eine gewisse Luftmenge aus ihrer ursprünglichen Lage verdrängt wird und diese nun auch ihrerseits wieder die benachbarten Luftschichten in Bewegung setzt und verschiebt.
Es ist der Wissenschaft (: Ballistik :) bis jetzt noch nicht gelungen, alle Gesetze aufzufinden, nach denen der Luftwiderstand wirkt.
Soviel läßt sich jedoch schon von vornherein leicht erkennen, daß der Angriff des Luftwiderstandes im allgemeinen gerade im entgegengesetzten Sinne jener Richtung erfolgt, nach welcher ein Körper im Raume fortschreitet. Sein Einfluß ist ein kontinuierlicher, jedoch nichts weniger als konstanter, sondern stets veränderlicher und wohl nie genau berechenbarer. Mit aller Bestimmtheit steht aber fest, daß er die Geschwindigkeit der Geschosse vermindert und zwar um so mehr, je größer diese Geschwindigkeit ist. Ebenso ist sicher, daß diese Zunahme des Luftwiderstandes in einem größeren als dem einfachen Verhältnis stattfindet,

ob aber diese Zunahme im Verhältnis zur zweiten, dritten oder zur vierten Potenz der Geschwindigkeit stattfindet, ist nicht mit Sicherheit ermittelt. Bis vor Kurzem setzte man den Luftwiderstand allgemein proportional dem Quadrat der Geschwindigkeit (Newton'sches Gesetz), neuere Ballistiker (z. B. Major Haupt) haben ein kubisches Luftwiderstandsgesetz angenommen.

Für unsere Zwecke erscheint es nicht angemessen, darauf näher einzugehen: einmal setzen diese Berechnungen die Kenntnis und Anwendung der höheren Mathematik voraus, ferner zeigt sich, daß es innerhalb gewisser Grenzen ganz gleichgiltig ist, welches Luftwiderstandsgesetz angenommen wird; endlich kommt es für den praktischen Artilleristen nur darauf an, sich eine allgemeine Vorstellung von der Wirkung des Luftwiderstandes zu machen.

Einen sehr guten Anhaltspunkt geben die Schußtafeln in der Rubrik „Endgeschwindigkeit" für bestimmte Entfernungen bei verschiedenen Anfangsgeschwindigkeiten bezw. Ladungen.

So betragen z. B. die Differenzen zwischen Anfangs- und Endgeschwindigkeit bei der k. 15 cm Br. K. auf 1500 m

bei	1,5 kg	Ladung	33 m
„	1,3 „	„	30 „
„	1,1 „	„	27 „
„	0,9 „	„	25 „
„	0,7 „	„	23 „
„	0,55 „	„	19 „ u. s. w.

Ein 2.) Gesetz, das mit aller Schärfe gilt, lautet: *„Der Luftwiderstand steht in einem einfachen geraden Verhältnis zur Größe des Geschoßquerschnitts, dagegen im umgekehrten Verhältnis zum Gewicht des Geschosses."* – Dieses Gesetz pflegt man wohl auch zusammenzufassen in dem Satz: *„Der Luftwiderstand steht im umgekehrten Verhältnis zur Querschnittsbelastung des Geschosses,"* wobei unter Querschnittsbelastung das Verhältnis des Gewichts

des Geschosses zu seinem Querschnitt zu verstehen ist (also $Q = \frac{P}{F}$). Der Querschnitt ist der senkrecht zur Geschoßachse gedachte Kreis, dessen Inhalt des einfachen Vergleichs wegen in qcm ausgedrückt wird.
Beispielsweise ist der Querschnitt der schweren Feldgranate $= \frac{8{,}8^2 \cdot \pi}{4} = 60{,}82$ qcm, also die Querschnittsbelastung $Q = \frac{7000}{60{,}82} = 115$ g.

Es ist klar, daß die Querschnittsbelastung mit der Länge der Geschosse zunimmt. Darin besteht eben der Hauptvorteil der gezogenen Geschütze, daß sie allein die Anwendung von Langgeschossen zulassen und infolge dessen ihre Geschosse den Luftwiderstand besser überwinden. Bei ähnlich konstruierten Geschossen wächst die Querschnittsbelastung mit <u>Zunahme des Kalibers</u>, denn mit diesem werden die Geschosse auch länger. Hierin ist die Überlegenheit der größeren Kaliber über die kleineren in Bezug auf Treffähigkeit zu suchen. Bei den Feldgeschützen ist man mit Rücksicht auf die Beweglichkeit an bestimmte Rohr- und Geschoßgewichte gebunden und kann daher eine größere Querschnittsbelastung nur dadurch erreichen, daß man die Geschosse möglichst lang macht und die Kaliber verringert. In ähnlicher Weise sind auch bei den schweren Geschützen der Fuß- und Marine-Artillerie die Geschoßlängen gegen früher (bis zu 3 Kalibern) und damit die Belastung des Querschnitts gewachsen.
Worin die Verlängerung der Geschosse ihre Grenze findet, wird im nächstfolgenden § bei Besprechung des Einflusses der Rotation und des Luftwiderstandes auf die Stabilität der Geschosse nachgewiesen werden.
Aus dem Vorstehenden folgt, daß auch ein hohes <u>spezifisches Gewicht</u> des Geschosses die Überwindung des Luftwiderstandes begünstigen muß, weil es einen verhältnismäßig kleinen Kubikinhalt u. Querschnitt bei großem absoluten Gewicht voraussetzt.

Bei gleichem Durchmesser und Querschnitt leiden Bleikugeln weniger vom Luftwiderstand, als eiserne und diese wieder weniger, als die (früher gebräuchlichen) steinernen; Vollgeschosse und Shrapnel weniger als Granaten, Langgeschosse weniger als sphärische.

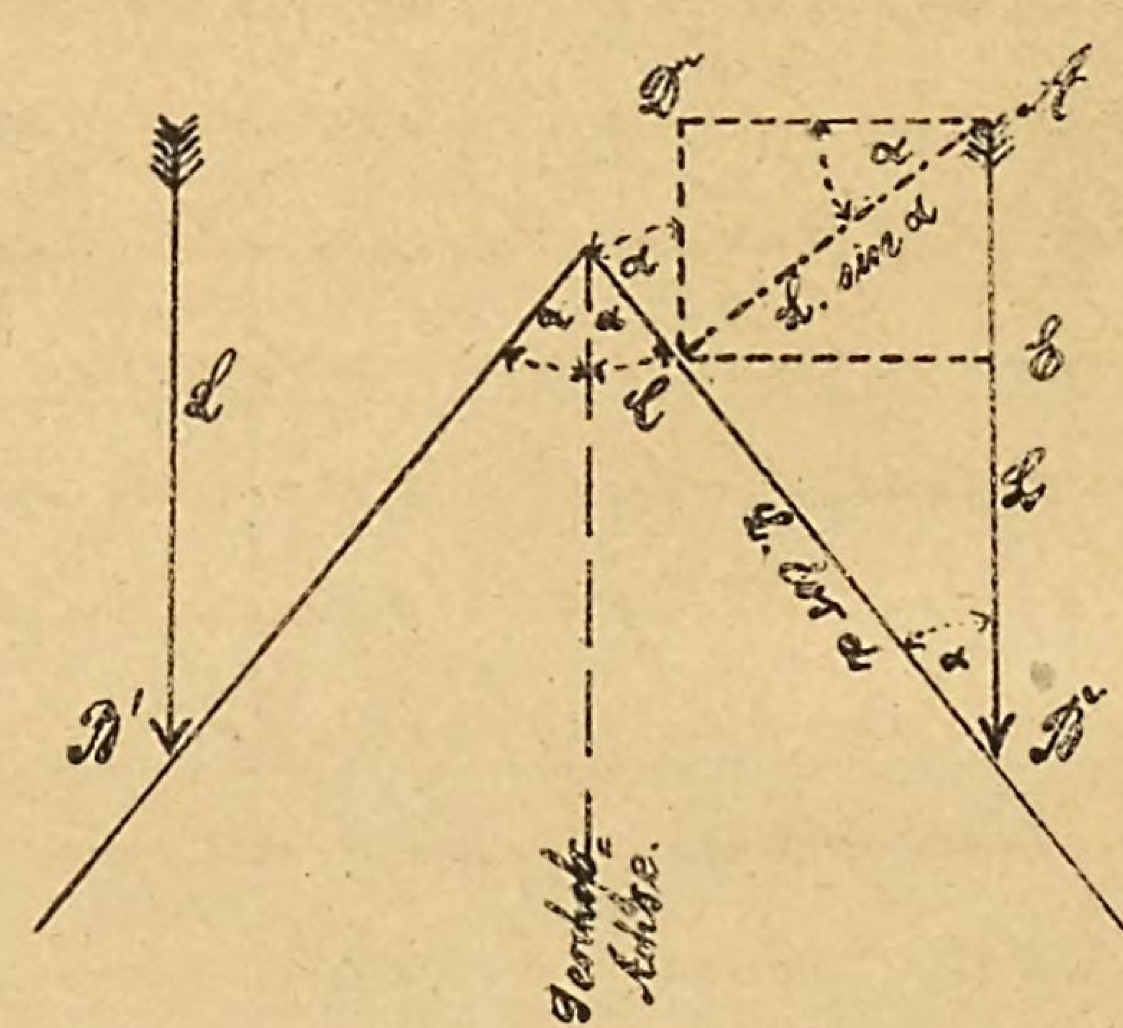
Nachstehende Tabelle gibt eine vergleichende Zusammenstellung der Querschnittsbelastung von Geschossen der deutschen Feldartillerie, einiger fremden Artillerien, der hauptsächlichsten Geschütze der Fußartillerie und des Infanterie-Gewehres M/71 resp. Revolvers M/79.

Bezeichnung des Geschützes	Geschoß	Kaliber cm	Gewicht kg	Querschnittsbelastung pro qcm in g
S. F. K. K/73	Granaten Shrapnel	8,8	7,0 8,15	115 134
L. F. K. "	Granaten Shrapnel	7,85	5,07 5,53	105 116
Canon de 95 mm	Granate	9,5	10,84	153
" " 90 "	"	9,0	8,0	126
" " 80 "	"	8,0	5,6	111
Österreichischer 9 cm	Granate	8,5	6,4	108
" 8 "	"	7,5	4,3	98
12 cm Br. K. K/73	Granaten K/73 Shrapnell	12,03	14,6 15,95	. .
S. 12 cm K.	Granaten K/80 Shrapnell	12,03	16,25 19,725	. .
Kz. 15 cm Br. K.	Granaten K/69 Shrapnell	14,9	27,75 30,886	. .
15 cm R. K.	Granaten K/72 Shrapnell	14,9	27,7 39,5	159 .
9 cm Mörser	Granate	8,8	7,7	
15 cm "	"	14,9	27,7	
21 cm "	"	20,9	79,0	
Infanterie-Gewehr M/71	Vollgeschoß	1,1	0,025	26

$\frac{12,03^2 \cdot \pi}{4}$

Endlich ist es auch nicht gleichgiltig, *unter welchem Winkel der Luftwiderstand auf die Oberfläche eines Geschosses trifft.* Denkt man sich z. B. einen Cylinder und einen Kegel, beide von gleichem Gewicht und gleicher Grundfläche, so würde, wenn kein anderes Luftwiderstandsgesetz, als die oben angeführten, bestände, und unter der Voraussetzung, daß der Luftwiderstand in beiden Fällen in der Richtung der Achse der betreffenden Körper wirkte, der Luftwiderstand in ganz gleicher Weise auf beide Körper zur Wirkung gelangen.

Der auf irgend ein Teilchen der Oberfläche wirkende Luftwiderstand L (– die Größe desselben wird abhängig sein von der Geschwindigkeit der Körper –) kommt auf die Grundfläche des Cylinders natürlich seiner ganzen Größe nach zur Geltung.



Beim Kegel dagegen muß man sich den Luftwiderstand AB zerlegt denken in 2 Komponenten, von denen die eine BC in der Richtung des Mantels, die andere AC senkrecht dazu gedacht werden kann. Die erstere ist ganz ohne Wirkung, nur die letztere kommt zur Geltung. Beträgt der Kegelwinkel 2α, so trifft der Luftwiderstand unter dem Winkel α auf den Mantel, die beiden Komponenten sind $AC = L.\sin\alpha$ und $BC = L\cos\alpha$. Die erstere AC kann weiter zerlegt werden in eine der Bewegungsrichtung des Kegels gerade entgegengesetzte CD

und eine dazu senkrecht stehende CE. Offenbar wird letztere aufgehoben durch eine genau gleich grosse Kraft mit entgegengesetzter Richtung, welche dadurch erzeugt wird, dass auf dem symmetrisch gelegenen Punkte B' der Luftwiderstand genau in derselben Weise, wie in B wirkt. Die einzige auf Verminderung der Geschwindigkeit hinwirkende Komponente des Luftwiderstandes ist nun also $CD = L. \sin^2\alpha$ d.h.

„<u>Der Luftwiderstand wirkt proportional dem Quadrat des Sinus desjenigen Winkels, den seine Richtung mit der von ihm getroffenen Fläche bildet.</u>"

Ist die Oberfläche des Körpers nicht kegelförmig, sondern eine durch die Rotation einer Kurve entstandene Fläche (wie die ogivale Bogenspitze unserer Geschosse), so wird der Luftwiderstand nach dem oben erwähnten Gesetz verändert; jeder Punkt der Oberfläche wird einen je nach dem Winkel, den die Richtung des Luftwiderstandes mit der an diesen Punkt gedachten Tangente bildet, verschieden grossen Widerstand erfahren.

In diesem Gesetz liegt der Grund, warum man die Geschosse stets mit einer Spitze versieht. Dass man eine ogivale Spitze der kegelförmigen vorgezogen hat, findet seinen Grund einmal in Versuchsresultaten, die erstere Form zur Überwindung des Luftwiderstandes geeigneter erscheinen liessen; ferner eignet sich die ogivale Spitze besser zur Anbringung der Zünder, und endlich ergiebt diese Form eine günstigere Schwerpunktslage (- nach der Mitte der Längsachse -). Auf diesen letzten Punkt kann erst später eingegangen werden.

Dass im übrigen der Luftwiderstand am leichtesten überwunden wird, wenn der <u>Führungsteil möglichst glatt</u> ist, braucht wohl nur angedeutet zu werden. Aus diesem Grunde sind seichte Züge, die ausserdem auch noch die Reibungswiderstände im Rohr verringern und somit zur Erreichung einer

großen Anfangsgeschwindigkeit notwendig sind, auch mit Rücksicht auf den Luftwiderstand vorteilhaft.

Die atmosphärischen Verhältnisse sind natürlich auch von sehr wesentlichem Einfluß auf den Luftwiderstand. Es kommen besonders in Betracht die Dichtigkeit und die Bewegung der Luft. Je dichter die Luft (d.h. je höher der Barometerstand), um so größer der Luftwiderstand, und zwar nimmt er im einfachen geometrischen Verhältnis zur Dichtigkeit, oder, was dasselbe ist, zum Barometerstande zu. — Der Einfluß der Luftbewegung oder des Windes wächst mit seiner Stärke und hängt wesentlich von seiner Richtung ab. Ein seitlicher Wind wird das Geschoß nach der Seite ablenken, ein in der Schußebene gehender Wind wird den Luftwiderstand vermehren, wenn er der Schußrichtung entgegengesetzt, dagegen vermindern, wenn er mit der Schußrichtung geht.

Die Wirkung des Luftwiderstandes gegen die sich der Luft darbietende Gesamtoberfläche des Geschosses kann man sich als eine einzige Kraft mit bestimmter Richtung zusammengesetzt denken, welche man Resultante des Luftwiderstandes heißt. Dieselbe wächst demnach resp. vermindert die Geschoßgeschwindigkeit:

1.) im direkten Verhältnis mit

a.) dem Quadrat (Kubus?) der Geschwindigkeit des Geschosses;

b.) mit der Größe der Oberfläche des Hauptkörpers, oder doch des der Luft unmittelbar entgegengesetzten Teiles desselben;

c.) mit der Größe der Projektion des Geschosses auf eine zu seiner Bewegungsrichtung senkrechten Ebene;

d.) mit dem Quadrat des Sinus desjenigen Winkels, unter welchem die Richtung des Luftwiderstandes auf die von ihm unmittelbar angegriffene Fläche stößt;

e.) mit der ungünstigen Gestalt und Unebenheit der Oberfläche;

f, mit der Dichtigkeit und

g, mit der Heftigkeit der Gegenströmung der Luft.

3, Im umgekehrten Verhältnis mit dem Gewicht des Geschosses.

Aus dem Vorausgehenden folgt, daß der Luftwiderstand eine Kraft ist, welche die Geschoßgeschwindigkeit vermindert und deren Größe zugleich von dieser Geschwindigkeit abhängt und, da letztere abnimmt, naturgemäß ebenfalls abnimmt.

2, Größe des Luftwiderstandes.

Es ist wünschenswert, eine klare Vorstellung von der Größe des Luftwiderstandes zu haben. Zu dem Zwecke denken wir uns den Luftwiderstand 1 Sekunde lang mit gleicher Intensität auf das Geschoß wirksam. Dadurch würde die Geschwindigkeit des letzteren um ein ganz bestimmtes Maß verringert werden; diese Annahme gibt eine ganz präzise Vorstellung von der Größe des Luftwiderstandes. Sagen wir also z. B., der Luftwiderstand, den ein Geschoß in irgend einem Punkte seiner Flugbahn erleidet, sei gleich 50 m, so heißt das nichts anderes, als:

Das Geschoß würde in 1 Sekunde einen Geschwindigkeitsverlust von 50 m erleiden, wenn der Luftwiderstand mit gleicher Intensität so lange wirkte. Die Intensität nimmt aber sehr schnell ab, denn das Geschoß büßt sofort, nachdem der Luftwiderstand gewirkt hat, an Geschwindigkeit ein und deshalb nimmt auch der Luftwiderstand selbst ab.

Nach neueren Rechnungen liefert das kubische Luftwiderstandsgesetz Resultate, die, wenn sie auch nicht absolut genau mit der Wirklichkeit übereinstimmen, so doch ohne Zweifel richtiger sind, als die nach dem quadratischen oder biquadratischen Gesetz errechneten. Wir setzen also den Luftwiderstand L proportional dem Kubus der Geschwindigkeit, also $= k.v^3$, wobei v die in einem beliebigen Punkt der Flugbahn vorhandene Geschwindigkeit, k dagegen ein Koeffizient ist, der in erster Linie von

der Querschnittsbelastung, dann aber auch von der Form des Geschosses abhängt. Für die schw. Feldgranate ist dieser Koeffizient z.B. etwa = 0,00000073.

An der Geschützmündung ist die Geschwindigkeit bekanntlich = 444 m, der Luftwiderstand ist an diesem Punkte = $0,00000073 \cdot 444^3 = 64$ m, d.h. das Geschoss würde nach Ablauf von 1 Sekunde, wenn der Luftwiderstand mit gleicher Intensität fortwirkte, nur noch 381 m Geschwindigkeit haben. Da aber die Geschoßgeschwindigkeit sofort sinkt, so vermindert sich auch der Luftwiderstand sehr schnell.

So ist z.B. auf 300 m vom schw. Feldgeschütz K/73, also nach ungefähr 3/4 Sekunden Flugzeit, die Geschwindigkeit der Granate 390 m; der Luftwiderstand mithin $0,00000073 \cdot 390^3 = 43$ m.

Nachstehende Tabelle gestattet einen Vergleich über die Größe und den Einfluß des Luftwiderstandes bei verschiedenen Geschossen.

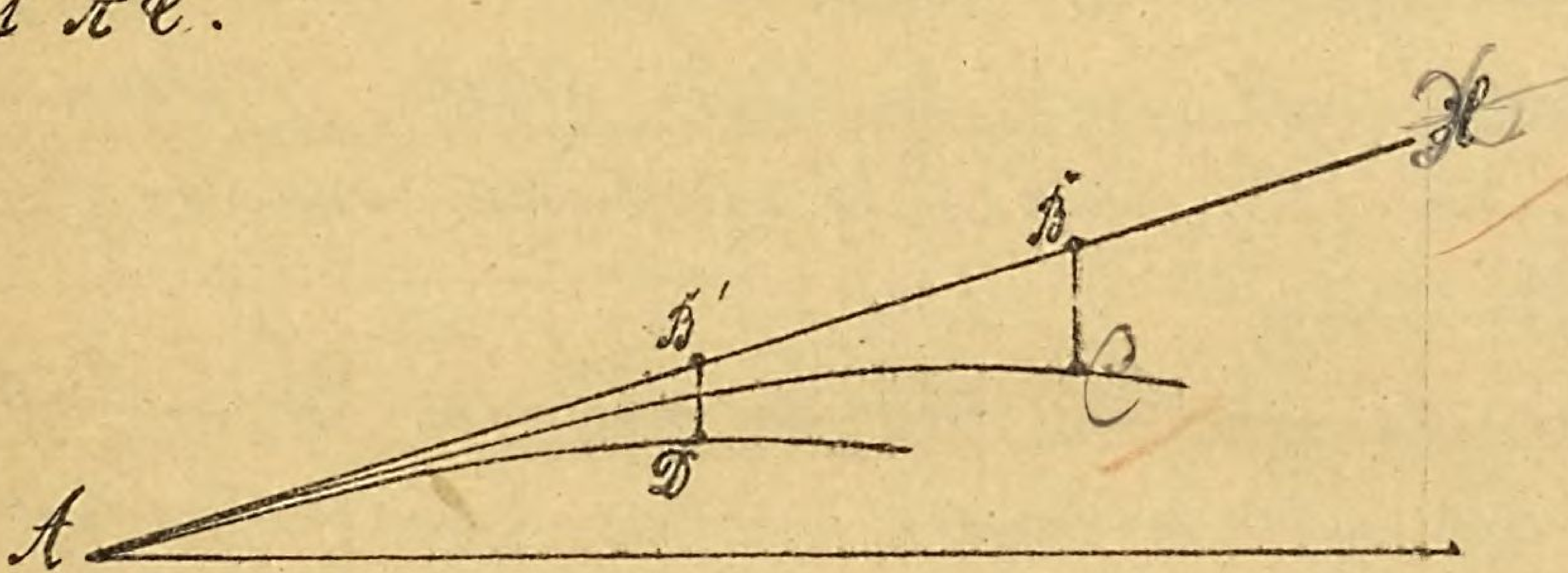
Bezeichnung des Geschützes und Geschosses.	Querschnittsbelastung pro qcm	Luftwiderstands-Koeffizient	Geschwindigkeit auf 0 m	500 m	1000 m	1500 m	Luftwiderstand auf 0 m	500 m	1000 m	1500 m
Leichtes Feldgeschütz K/73 Granate	105	0,00000085	465	379	330	296	86	46	30	22
Schweres Feldgeschütz K/73 Granate	115	0,00000073	444	364	320	288	64	35	24	17
15 cm Ringkanone Langgranate	159	0,00000062	485	417	366	332	70	40	27	22
Kz. 15 cm Kanone Langgranate	159	0,00000062	253	240	229	220	10	8,5	7,4	6,6
Infanterie-Gewehr M/71 Vollgeschoß	25	0,0000032	430	254	188	160	251	52	21	13

3.) Die Gestalt der Flugbahn unter dem Einfluß des Luftwiderstandes.

Nachdem der Einfluß des Luftwiderstandes auf die Geschwindigkeit der Geschosse erörtert worden ist, erübrigt nur noch zu zeigen, in welcher Weise er überhaupt seinen Einfluß auf die Gestaltung

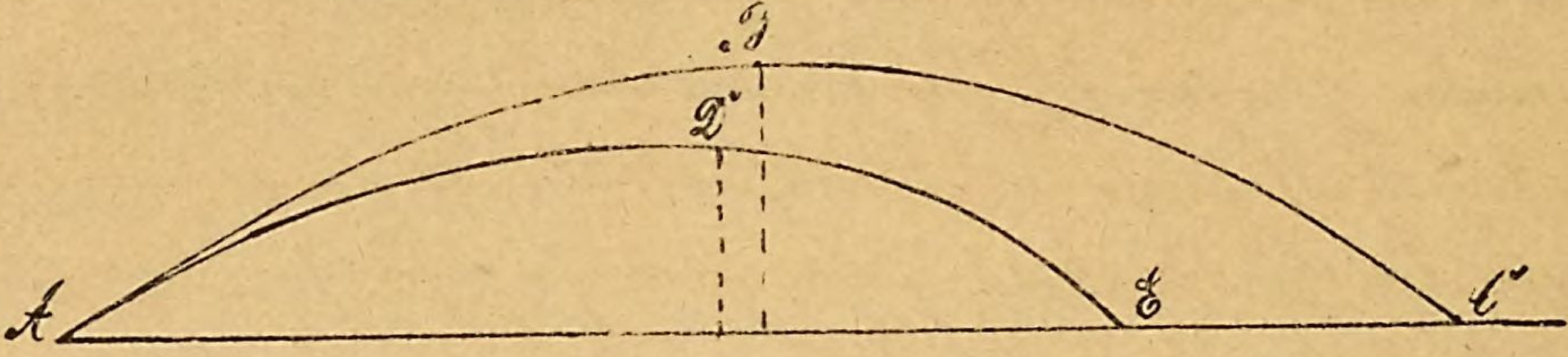
der Flugbahn geltend macht. Derselbe äußert sich unter allen Umständen, wie oben dargethan wurde, in der Verringerung der Geschwindigkeit, also in einer Verzögerung der Bewegung des Geschosses.

Würde im luftleeren Raume ein Geschoß in der Richtung A X durch die treibende Kraft allein (abgesehen von der Schwerkraft) in einer Sekunde von A bis B fortbewegt werden, so gelangt es unter der verzögernden und hemmenden Einwirkung des Luftwiderstandes in demselben Zeitraume nur bis B', statt bis B. Da nun aber die beschleunigende Kraft der Schwere in dieser Sekunde, wenn sich das Geschoß von A nach B' bewegen soll, genau ebenso auf dasselbe wirkt, als ob es den Weg A B zurückgelegt hätte, so muß es auch von B' aus um dasselbe senkrechte Maß ($\frac{1^2 \cdot g}{2} = 4{,}9\ m$) fallen, wie es andernteils von B aus gefallen sein würde; es beschreibt daher in Wirklichkeit binnen 1 Sekunde die Kurve A D, statt A C.



Man erkennt hieraus sofort, daß der Luftwiderstand nicht allein eine Verringerung der Geschoßgeschwindigkeit, sondern auch eine <u>Veränderung in der Bewegungsrichtung</u> des Geschosses herbeiführt, welche sich darin äußert, daß unter sonst gleichen Verhältnissen die Ordinaten und Abscissen einer Flugbahn im lufterfüllten Raume kleiner ausfallen, als im luftleeren d. h. man erhält kleinere Steighöhen und kürzere Schußweiten, die wirkliche Flugbahn liegt also <u>unter</u> - und <u>innerhalb</u> derjenigen, welche das Geschoß beschreiben würde, wenn es nicht vom Luftwiderstande zu leiden hätte. Es ergeben sich indes aus diesen Verhältnissen noch mehrere andere Verschiedenheiten zwischen der

parabolischen Flugbahn (ABC) und der „ballistischen Kurve" (ADE),



welche letztere Bezeichnung für die Flugbahn der Geschosse im lufterfüllten Raume gebräuchlich ist.

Die wesentlichsten Unterschiede beider Kurven sind folgende:

1.) die Gestalt der Geschoßbahn weicht um so mehr von der Parabel ab, je größer der Einfluß des Luftwiderstandes ist;

2.) bei gleicher Erhöhung und Anfangsgeschwindigkeit steigt das Geschoß nicht so hoch und erreicht nicht dieselbe Schußweite, wie im luftleeren Raum;

3.) der Scheitel der Bahn liegt bei der ballistischen Kurve nicht mehr in deren Mitte, sondern näher an deren Endpunkt und entfernter von der Geschützmündung.*)

4. demgemäß sind auch der aufsteigende und absteigende Ast nicht kongruent, sondern ersterer ist länger, letzterer kürzer;

5.) die Endgeschwindigkeit ist geringer als die Anfangsgeschwindigkeit, (vorausgesetzt, daß Geschütz und Ziel im gleichen Horizonte stehen);

6.) der Fallwinkel ist nicht gleich dem Abgangswinkel, sondern größer; der absteigende Ast daher steiler, d. h. stärker gekrümmt, als der aufsteigende;

außer bei hohen Elevationen, wo die Schwerkraft so überwiegend wirkt | vide auch Heft 8 |

7.) die größte Schußweite wird bei ungefähr 43° erreicht;

8.) Nur in den seltensten Fällen (d. h. bei sehr großen

*) Der Scheitel der Bahn liegt im allgemeinen $\frac{3}{5}$ der Schußweite vom Rohre entfernt.

Erhöhungswinkeln) erreicht die Geschoßgeschwindigkeit bei der ballistischen Kurve ihr Minimum im Gipfel der Bahn und nimmt von da ab im absteigenden Ast wieder zu; bei steilen Erhöhungen verringert sich die Geschoßgeschwindigkeit von der Mündung an fortwährend.

9.) Die unter gleicher Erhöhung erreichten Schußweiten verhalten sich nicht mehr wie die Quadrate, sondern nur noch wie die Quadratwurzeln ihrer zugehörigen Anfangsgeschwindigkeiten und ist selbst dieser Satz nur für große Geschwindigkeiten und gleiche Geschosse anwendbar.

10.) Den relativ geringsten Luftwiderstand erfahren die Langgeschosse der gezogenen Geschütze, (weil sie im Verhältnis zu ihrem Gewichte der Luft nur einen sehr kleinen Querschnitt darbieten und weil ihre Spitze sie am meisten zum Durchschneiden der Luft befähigt) und die Kugeln der glatten Mörser (wegen ihres großen Geschoßgewichtes und geringen Geschwindigkeiten). Die Flugbahnen dieser Geschosse weichen nur wenig von der Parabel ab.

Nachstehende Tabelle gibt Aufschluß über die Gestalt der Flugbahn im lufterfüllten Raume im Vergleich zu der im luftleeren.

Bezeichnung des Geschützes	Erhöhungswinkel	Schußweite im luftleeren Raum m	Schußweite im lufterfüllten Raum m	Schußweite des lufterfüllten Raumes in % des luftleeren	Entfernung m	Erhöhung °	Fallwinkel °	Differenz °	Endgeschwindigkeit m	Verlust an Geschwindigkeit m
Leichtes Feldgeschütz C/73 Granaten (handschriftlich: schweres)	1°	701*)	734*)	—*)	500	0^{9}	0^{15}	0^{6}	364	80
	2°	1401	1172	83,5	1000	1^{10}	2^{4}	0^{10}	320	124
	3°	2100	1600	76,3	1500	2^{12}	4^{2}	1^{6}	288	156
	4°	2797	1960	70,0	2000	4^{2}	6^{8}	2^{6}	264	180
Schweres Feldgeschütz C/73 Granaten (handschriftlich: leichte)	1°	769	768	—*)	500	0^{8}	0^{13}	0^{5}	379	96
	2°	1516	1250	82,5	1000	1^{8}	2^{2}	0^{10}	330	135
	3°	2304	1677	72,8	1500	2^{9}	3^{14}	1^{5}	296	169
	4°	3068	2062	67,2	2000	3^{13}	6^{2}	2^{5}	272	193
Kurze 15cm Kanone mit Lggt und 1,5 kg Ladung; (c = 253 m)	1°	228	287	—*)	500	2	2^{11}	0^{11}	240	13
	2°	455	500	—*)	1000	4^{7}	5^{8}	1^{1}	229	24
	3°	682	700	—*)	1500	7	8^{5}	1^{5}	220	33
	4°	908	887	97,7	2000	9^{12}	11^{7}	1^{11}	213	40
Infanterie-Gewehr M/71 (c = 430 m)	1°	658	445	67,7	500	1^{3}	1^{10}	0^{7}	254	176
	2°	1315	720	54,8	1000	3^{5}	5^{1}	1^{12}	188	242
	3°	1970	940	47,7	1500	6^{6}	10^{6}	4^{0}	160	270
	4°	2636	1125	42,7	.	.	.	.	.	.

Anmerkg. Daß hier die Schußweite im luftleeren Raum kleiner ausfällt als im lufterfüllten Raum, liegt daran, daß in der Berechnung der Erhöhungswinkel zu Grunde gelegt und die Differenz gegen den Abgangswinkel unberücksichtigt gelassen ist.
Über den Einfluß des Luftwiderstandes kann man sich [illegible] durch die Angaben der Schußtafeln, als auch durch Zeichnen und Vergleichen der Geschoßbahnen im lufterfüllten und luftleeren Raume leicht Klarheit verschaffen.

3) Anwendung und Aufgaben.

1) Aufgabe.

Wie kann man aus der Schußtafel die Schußweite bestimmen, welche ein Geschoß bei gegebener Erhöhung im luftleeren Raum erreichen würde, wenn man die unter gleichen Umständen in Wirklichkeit erreichte kennt?

Auflösung.

„Man nimmt die Differenz zwischen dem gegebenen Erhöhungs- und zugehörigen Einfallwinkel (in Sechzehntelgraden) und multipliziert dieselbe mit jener Anzahl von Metern, um welche die Horizontal-Schußweite innerhalb der bez. Entfernungen durch $\frac{1}{16}^\circ$ vermehrt wird; um das so gefundene Maß würde das Geschoß ohne Luftwiderstand weiter gehen, man hat selbe sonach zur wirklichen Schußweite zu addieren."

z. B. Die schw. 12 cm Kanone hat auf 2000 m: $4\frac{2}{16}^\circ$ Erhöhung und $5\frac{13}{16}^\circ$ Fallwinkel; $\frac{1}{16}^\circ$ ändert die Schußweite um 5,9 m, sonach beträgt die Vergrößerung der Schußweite im luftleeren Raum: $(5\frac{13}{16} - 4\frac{2}{16}) \cdot 5,9 = 159,3$ m, demnach die erreichte Schußweite selbst $2000 + 159,3 = 2160$ m (rund).

2) Aufgabe.

Man soll die Endgeschwindigkeit bestimmen bei bekannter Anfangsgeschwindigkeit.

Auflösung: Man nehme die Differenz zwischen Erhöhungs- und Fallwinkel jener Entfernung, auf welcher man die Endgeschwindigkeit sucht und sieht,

wie oft dieselbe in der gegebenen Erhöhung enthalten ist, mit der gefundenen Zahl dividiert man in die Anfangsgeschwindigkeit und subtrahiert von letzterer diesen neuen Quotienten, so ist der erhaltene Rest die gesuchte Endgeschwindigkeit."

3.) Aufgabe.

Man konstruiere die wirkliche Bahn und jene, welche das Geschoß unter gleichen Umständen im luftleeren Raum erreichen würde, für irgend ein Kaliber nach der Schußtafel resp. den in § 4, № 3 c. angegebenen Formeln und Konstruktionen. Vergleiche beide Flugbahnen miteinander.

Anmerkg. Eine Reihe derartiger Aufgaben läßt sich erst lösen, nach Kenntnis der erst später zu erläuternden Einrichtung und des Gebrauchs der Schußtafeln.

§ 6.

E. Die Rotation.

a) Erklärungen.

Unter Rotation überhaupt versteht man jene Bewegung eines Körpers, bei welcher sich sämtliche Punkte desselben um eine Achse, die sog. Drehachse, drehen oder rotieren. Dieselbe ist entweder eine feste, (wie z. B. bei einem Wagenrad), oder nur eine freie oder ideale, d. h. man hat sich dieselbe im Innern des Körpers zu denken, wie z. B. bei einem geschleuderten Körper.

Unter der Drehachse eines Geschosses hat man jene gerade Linie zu verstehen, um welche man sich alle Teilchen desselben bei der Rotation gleichförmig ringsherum verteilt denken kann. Sie geht entweder durch den Mittelpunkt oder durch den Schwerpunkt des Geschosses oder durch diese beiden Punkte gleichzeitig.

Unter Mittelpunkt eines Körpers versteht man jenen Punkt, welcher alle durch ihn gehenden Verbindungslinien zweier Punkte der Oberfläche halbiert.

Schwerpunkt dagegen ist jener Punkt, durch welchen

schnitt geführt werden muß, um einen Körper in 2 Teile von gleichem Gewicht zu zerlegen.

Für den Artilleristen ergeben sich bezüglich der Rotation der Geschosse folgende Fragen:

a.) Welches ist die Ursache der Rotation?

b.) Nach welcher Richtung findet sie statt?

c.) Welchen Einfluß äußert sie auf die Geschoßbahn und speziell auf die Treffähigkeit?

d.) Mit welcher Geschwindigkeit geht die Rotation vor sich?

e.) Welche Mittel hat man dieselbe zu beherrschen?

So interessant es nun wäre, diese Fragen auch für die sphärischen Geschosse der glatten Geschütze zu beantworten, so muß doch wegen der größten Wichtigkeit der Kenntnis der einschlägigen Verhältnisse bei unseren gezogenen Geschützen und dem weiten Umfange dieses Gebietes davon abgesehen werden.

2.) Die Ursache der Rotation.

Ein jeder Körper von welcher Form nur immer, welcher geworfen oder aus einem Geschütz geschossen wird, nimmt bei seiner Bewegung im Raume eine Rotation und zwar eine Umdrehung um seinen Schwerpunkt an, es sei denn, daß der Körper durchaus regelmäßig gestaltet und homogen wäre, Mittelpunkt und Schwerpunkt also zusammenfielen und daß die Richtung des empfangenen Stoßes genau durch den Mittel- und Schwerpunkt gehe. Diese letzteren Voraussetzungen werden nun bei einem Geschoß niemals zutreffen und somit wird ein jedes Geschoß bei seiner Bewegung im Raum rotieren. Diese Rotation wird ganz in derselben Weise stattfinden, wie man sie schon bei jedem freifallenden Körper, wenn derselbe nicht besonders regelmäßig gestaltet ist, beobachten kann. Die Drehung um den Schwerpunkt findet dabei, obwohl derselbe mit dem Geschoß im Raum sich fortbewegt, ganz in der Art statt, als ob der Schwerpunkt festgehalten würde. Da nun die Drehung des Körpers stets um eine

freie Achse d. h. um eine Linie, welche durch den Schwerpunkt geht und um welche herum die Centrifugalkräfte des Körpers sich gegenseitig aufheben, stattfindet, so wird auf diese Achse beim Fortschreiten des Körpers im Raume, so lange die Rotation dauert, festgehalten und sie schreitet während der Bewegung des Körpers parallel zu ihrer ursprünglichen Lage im Raume vorwärts. Je intensiver die Rotationsbewegung ist, um so fester wird die Achse gehalten und um so regelmäßiger wird das Fortschreiten des Körpers im Raume stattfinden, – schon hieraus erhellt der Einfluß der Geschoßumdrehung auf die Regelmäßigkeit der Flugbahnen.

Daß die cylindro-ogivalen Geschosse der gezogenen Geschütze im Verhältnis zu denen der glatten einen außerordentlich kleinen Luftwiderstand erleiden, verdanken sie lediglich dem Umstande, daß sie sich – wenigstens annähernd – stets mit der Spitze nach vorn bewegen. Wäre das nicht der Fall, sondern bewegten sie sich z. B. mit ihrer Achse senkrecht zur Flugbahn, böten sie also dem Luftwiderstande die breite Seite dar, so würde der Widerstand, den sie fänden, sogar erheblich größer sein, als ihn ja die sphärischen Geschosse der glatten Kanonen erlitten. Daß sie sich aber mit der Spitze nach vorn bewegen ist einzig und allein die Folge ihrer Rotation um die Längsachse.

Wenn die Geschosse das Geschütz ohne Rotation verließen, so würde im ersten Moment, nachdem sie die Mündung verlassen, die in der Richtung der Flugbahn wirkende <u>Luftwiderstandsresultante</u> (d. h. die Kraft, welche sich aus den auf die einzelnen Teile der Geschoßoberfläche wirkenden Luftwiderständen zusammensetzt) genau auf die Geschoßspitze gerichtet sein und mit der Längenachse zusammenfallen. Während nun das Geschoß die ursprüngliche Richtung der Achse behält, senkt sich die Flugbahntangente und damit die Richtung des Luftwiderstands,

Resultante, und diese wird daher mit der Geschoßachse nicht mehr zusammenfallen, sondern letztere in irgend einem Punkte schneiden. Ist dieser Schnittpunkt der Luftwiderstandsresultante und der Geschoßachse der Schwerpunkt, (aber auch nur dann) so wird der Luftwiderstand eine lediglich verzögernde Wirkung haben; in jedem andern Falle – und dies muß bei Langgeschossen sehr bald eintreten – wird das Geschoß bald überschlagen, um eine ganz unberechenbare Achse, die ihre Lage stets ändert, also ganz unregelmäßig rotieren, infolgedessen einen sehr erheblichen Geschwindigkeitsverlust und bedeutende Ablenkungen erfahren.

Während nun die Pulvergase das Geschoß in der Richtung der Seelenachse vorwärts treiben, wird es bekanntlich durch die Züge zu einer drehenden Bewegung oder Rotation um seine Längenachse gezwungen. Da nämlich der gezogene Teil der Seele, über die Züge gemessen, genau denselben Durchmesser hat, wie das Geschoß, über die Wulste des Bleimantels resp. die Kupferringe gemessen, so müssen sich die Felder offenbar mit ihrer ganzen Höhe in die Bleiwulste (Kupferringe) des die Seele durcheilenden Geschosses einschneiden. Dadurch wird das Geschoß genötigt, den Windungen der Züge zu folgen und eine Drehung um seine Längenachse anzunehmen, und zwar nach Maßgabe des Dralls rechts oder links, stärker oder schwächer.

Das Maß der Rotation nennt man seine <u>Winkelgeschwindigkeit</u> und hängt ab von der Steilheit des Dralls und von der Anfangsgeschwindigkeit. Dies trifft jedoch nur unter der Voraussetzung zu, daß das Geschoß der Windung der Züge vollständig folgt. Geschieht dies nicht, so kann das Geschoß, während es die Seele durchläuft auch nicht den dem Drallwinkel entsprechenden Teil einer ganzen Umdrehung zurücklegen, sondern erhält eine im Verhältnis zu seiner fortschreitenden zu kleine Winkelgeschwindigkeit, also eine

nicht hinlänglich energische Rotation. Die Ursache dieses sog. „Überspringens der Züge" liegt, bei sonst normaler Beschaffenheit von Rohr und Geschoß, für gewöhnlich darin, daß das Ladungsverhältnis und somit auch die Geschoßgeschwindigkeit gegenüber dem Drall der Züge zu groß, oder letzterer für die Züge zu steil ist. Die Folge dieses Überspringens der Züge äußern sich meist darin, daß das Geschoß im Rohr eine mehr oder weniger unregelmäßige Bewegung anzunehmen beginnt (es „flattert"), die dann natürlich auch auf die Gestaltung der Flugbahn außerhalb des Rohres nicht ohne entsprechenden Einfluß bleibt und namentlich die Treffähigkeit entschieden beeinträchtigt.

Überhaupt bewegen sich die Geschosse der gezogenen Hinterlader, trotz der saugenden und hermetisch abschließenden Führung, welche ihnen der Bleimantel (Kupferring) gibt, doch nicht so vollkommen regelmäßig im Rohr, daß, während sie den gezogenen Teil durchlaufen, ihre Längenachse fortwährend mit der Seelenachse völlig zusammenfällt. Daß letzteres nicht stattfindet, erkennt man am sichersten, wenn man (mittelst nahe vor der Geschützmündung angebrachter Pappscheiben) die Abgangsrichtung der Geschosse ermittelt; man findet dann stets, daß der Richtungswinkel des Geschützes und der Abgangswinkel des Geschosses nicht identisch sind, sondern um den sog. „Abgangsfehler" voneinander abweichen. Da dieser fast bei jedem Schuß anders ausfällt, und zwar nicht nur seiner Größe, sondern auch seiner Lage nach, (indem die Abgangsrichtung des Geschosses bald rechts, bald links, bald über, bald unter der Richtungslinie liegt), so läßt er sich auch nicht im voraus bemessen und beseitigen oder unschädlich machen.

3) Die Richtung und Wirkung der Rotation.

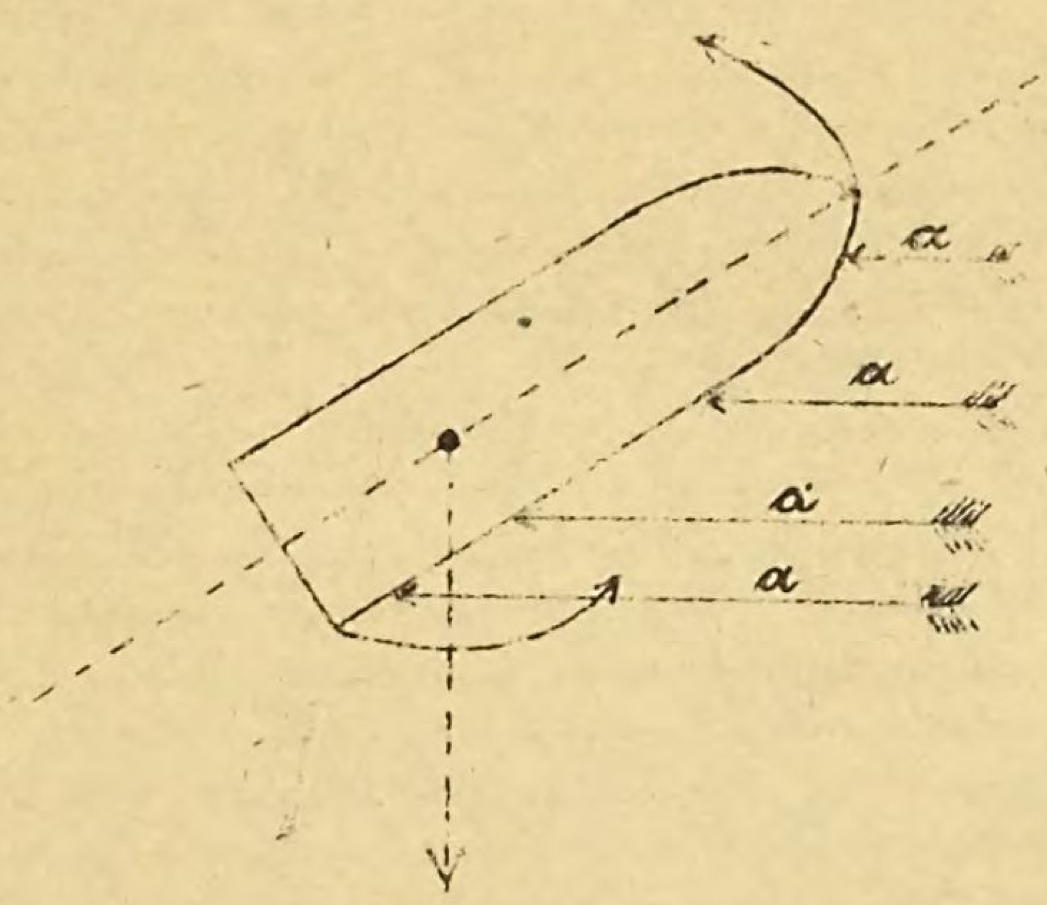
Die Langgeschosse unserer gezogenen Hinterlader sind so konstruiert, daß ihr Schwerpunkt hinter der Linie liegt, durch welche man sich das Geschoß in 2 gleiche Hälften, eine vordere und eine hintere, geteilt denken kann. Der Einfluß dieser Schwerpunktlage zeigt sich

sofort, wenn man dem Geschoß eine waagerechte Lage gibt und es dann frei fallen läßt: es behält seine ursprüngliche Lage nicht bei, sondern senkt sich mit dem Boden zuerst und kommt dadurch in eine schräge Stellung, mit der Spitze nach oben gerichtet. Ein ganz ähnlicher Vorgang tritt auch in dem Augenblick ein, wo das verfeuerte Geschoß die Mündung verläßt; denn letzteres verhält sich, wie wir schon oben sahen, der Schwerkraft gegenüber ganz wie ein frei fallender Körper. Im <u>luftleeren</u> Raum würde die Rotation ohne jeden Einfluß sein; der Schwerpunkt des Geschosses würde eine Parabel beschreiben, seine Längsachse parallel der Seelenachse im Raume fortschreiten, daher allmählich immer größere Winkel mit der Flugbahntangente bilden.

Im <u>lufterfüllten</u> Raum wird, wie im vorigen § gezeigt ist, aus der Parabel eine im absteigenden Ast stärker gekrümmte ballistische Kurve. <u>Die stets in der Richtung der Flugbahntangente wirkende Luftwiderstandsresultante</u> fällt im Beginn der Bewegung mit der Geschoßachse zusammen und bildet allmählich immer größere Winkel mit derselben. Welche Wirkung nun der Luftwiderstand noch – abgesehen von der Verminderung der Geschoßgeschwindigkeit – auf die Gestaltung der Flugbahn hat, hängt wesentlich davon ab, in welchem Punkte die Luftwiderstandsresultante die Geschoßachse schneidet. Dies wird bedingt durch die Gestalt des Geschosses und den Winkel, den Flugbahntangente und Geschoßachse miteinander bilden. Jedenfalls werden sich 3 wesentlich von einander verschiedene Fälle unterscheiden lassen: die Luftwiderstandsresultante (oder Flugbahntangente) kann nämlich die Geschoßachse entweder <u>im</u> Schwerpunkt, <u>hinter</u> dem Schwerpunkt oder <u>vor</u> demselben schneiden. Im ersteren Fall, der im Beginn der Bewegung vorkommt, weil hier Geschoßachse und Flugbahntangente zusammenfallen, ist der Einfluß des Luftwiderstandes lediglich ein verzögernder.

Der zweite Fall kommt in der Praxis nicht vor.

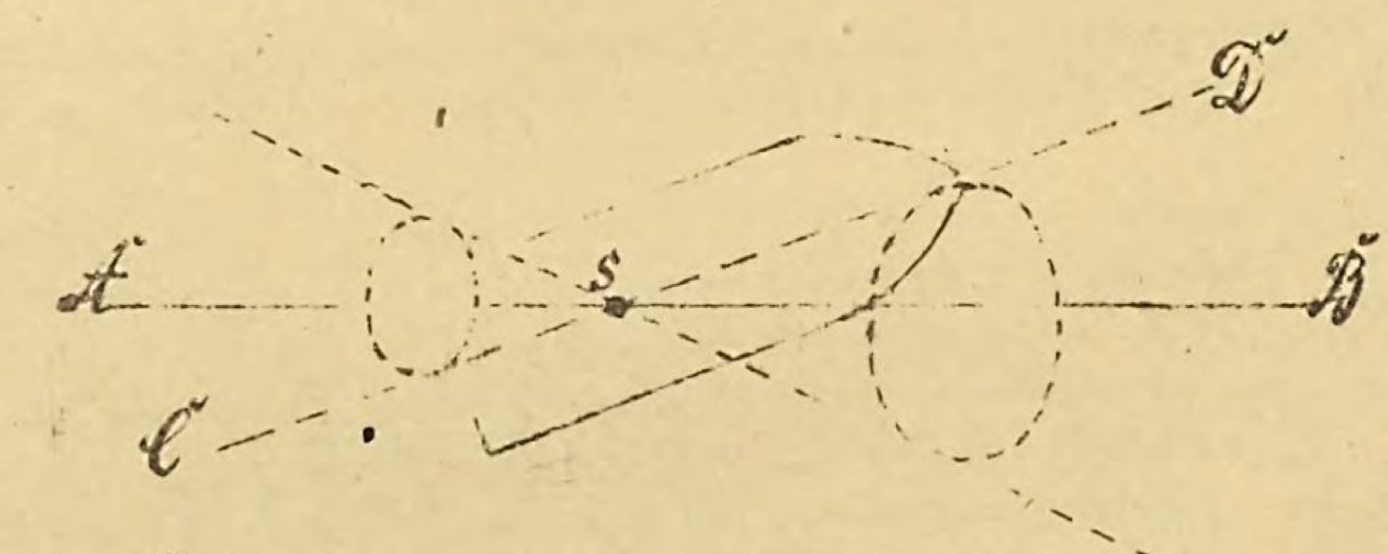
Im 3. Falle bietet das Geschoss vermöge seiner schrägen Lage (die Winkel, welche die Geschossachse und die Flugbahntangente mit einander bilden, sind verhältnismässig klein, — im Maximum die Summe des Abgangs- und Einfallwinkels) eine grössere Oberfläche <u>vor</u>, als <u>hinter</u> dem Schwerpunkt. Da nun die Kraftäusserung des Luftwiderstandes in direktem Verhältnis steht zu der Grösse der gedrückten Fläche, so muss sein hebender Druck auf den vordern Teil des Geschosses offenbar grösser sein, als auf den hintern Teil. Er wirkt also hier in demselben Sinn, wie die Schwerkraft, und zeigt im Verein mit dieser das Bestreben, das Geschoss zur Drehung um eine durch den Schwerpunkt gehende Querachse zu bringen. (: siehe folgende Figur. a, a, a = Richtung des Luftwiderstandes, S = Schwerpunkt des Geschosses.)



Wenn das Geschoss der Schwerkraft und dem Luftwiderstande allein preisgegeben wäre, so würde eine solche Rotationsbewegung um eine Querachse auch unfehlbar eintreten und ~~damit~~ jede Möglichkeit ausgeschlossen sein, den Langgeschossen eine irgend regelmässige und nach bestimmten Normen im voraus zu regelnde Flugbahn zu geben.

Um dies zu erreichen erübrigt daher nur, der <u>Längenachse</u> des Geschosses eine genügende <u>Stetigkeit</u> zu verleihen und dadurch ein überlegenes Gegengewicht gegen den auf das „<u>Überschlagen</u>" des Geschosses nach rückwärts hinwirkenden Einfluss des Luftwiderstandes. Das nächstliegende Mittel, um die Geschosslängenachse hinlänglich stetig zu machen, bietet sich in der Rotation dar, wie sie

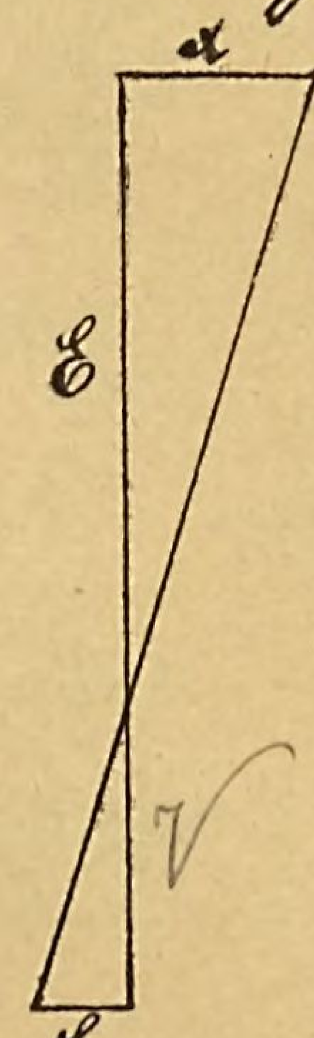
das Geschoß durch die Wechselwirkung zwischen Bleimantel (Kupferringe) und Zügen erhält.
Nach den Gesetzen der Mechanik folgt nun das Geschoß nicht der drehenden Bewegung des Luftwiderstandes, ebensowenig wie ein schräg aufgestellter rotierender Kreisel umfällt, sondern es nimmt eine pendelnde Bewegung an, welche sich als unmittelbare und notwendige Folge der Rotation kennzeichnet. Während nämlich der Schwerpunkt des Geschosses unverrückbar der Flugbahn folgt, weicht die Spitze des Geschosses bei Rechtsdrall nach rechts (: bei Linksdrall, wie er bei französischen Geschützen z. B. vorkommt nach links :) aus. Jetzt trifft die Luftwiderstandsresultante die Geschoßachse nicht mehr lediglich von unten sondern zugleich etwas von links und die Folge davon ist, daß die Geschoßspitze, indem sie noch weiter nach rechts herausweicht, zugleich beginnt sich etwas zu senken, im weiteren Verlauf senkt sich die Geschoßspitze sogar unter die Flugbahntangente, weicht nun nach links hin aus und erhebt sich allmählich wieder zur Flugbahntangente, worauf das Spiel von neuem beginnt. Da Luftwiderstandsresultante und Geschoßachse sehr bald einen Winkel wieder miteinander bilden, die Geschoßachse bewegt sich demgemäß unausgesetzt in 2 Kegelmänteln, deren gemeinschaftlichen Mittelpunkt der Schwerpunkt des Geschosses und deren Achse die Tangente der Flugbahn (Luftwiderstandsresultante) bildet.



AB = Flugbahntangente;
CD = Geschoßlängenachse;
S = Schwerpunkt.

Diese einem drehenden Kreisel ähnliche Bewegung nennt man das „Pendeln" der Geschosse.

Wie groß die Zeit ist, in welcher ein solcher Doppelkegel beschrieben wird, wissen wir nicht (: Major Haupt veranschlagt sie zu 3–6 Sekunden, – bei geringen Geschwindigkeiten, wie bei den Langgranaten der gezogen Mörser, kommt schon der erste Bogen nicht zur Vollendung –); ebensowenig, wie groß der Winkel ist, bis zu welchem die Geschoßachse aus der Vertikalebene der Flugbahn seitlich heraustritt. Unbedingt fest steht nur, daß die Geschoßspitze sich länger auf der rechten, als auf der linken Seite der Flugbahntangente aufhält. Es bietet denn das Geschoß dem Luftwiderstand vorzugsweise seine linke Seite dar und wird in Folge dessen nach rechts hin aus der Richtungsebene abgelenkt. (Bei Links-Drall findet natürlich das Entgegengesetzte statt.) Diese bei allen gezogenen Waffen vorkommende konstante Seitenabweichung, die natürlich mit zunehmender Entfernung wächst, heißt „Derivation“ oder „Deviation“. Ihre Größe ist durch Versuche ermittelt; durch die „Seitenverschiebung“ wird sie ausgeglichen, indem dadurch die Verlängerung der Seelenachse um das Maß der Seitenabweichung links vom Ziel vorbei gerichtet wird. Die Derivation würde nach links stattfinden, wenn der Drall der Rohre linksläufig wäre; ferner würde bei Rechts-Drall dernach eine Ablenkung nach links, sowie bei Links-Drall eine solche nach rechts eintreten, wenn der Schwerpunkt der Geschosse im vorderen, anstatt im hinteren Teile läge. Endlich würde, gleichviel, ob der Drall rechts- oder linksläufig ist, überhaupt keine Derivation vorkommen können, wenn der Schwerpunkt der Geschosse mit ihrem Mittelpunkt zusammenfiele.



Ist die konstante Seitenabweichung bekannt, so ist daraus leicht die Seitenverschiebung und umgekehrt aus letzterer die erste zu ermitteln und zwar findet man

$x : E = S : V$ oder $x = \frac{E \cdot S}{V}$, wobei

x die gesuchte konstante Seitenabweichung, E die Entfernung, S die Seitenverschiebung

und t die Länge der Visierlinie beträgt. Die Derivation beträgt z. B. beim schw. u. l. Feldgeschütz
auf 1000 m circa 1,1 m,
" 2000 m " 4,4 m,
" 3000 m " 11,6 m.

Anmerkg. Am einfachsten erhält man die Größe der konstant. Seitenabweichung, wenn man die ~~Seitenverschiebung~~ mit dem Maß multipliziert, um das (nach der Schußtafel) $\frac{1}{16}$° den Treffpunkt nach der Seite resp. Höhe verlegt.

Die Größe der konstanten Seitenabweichung hängt ab von der Konstruktion des Rohres (Drall), des Geschosses und von der Geschoßgeschwindigkeit; sie wächst mit der Größe der Schußweite, aber nicht proportional zu dieser, sondern in einem größeren Verhältnis; bei gleichen Geschützen wird sie um so größer, je kleiner die Ladung ist.

Selbstredend hat das hier aufgestellte Gesetz nur für einen nicht bewegten Zustand der atmosphärischen Luft Geltung: Alles, was den Luftwiderstand vergrößert — hoher Barometerstand, entgegengesetzter Wind — muß natürlich auch die Derivation beeinflussen.

Resümieren wir das Gesagte kurz, so finden wir, daß die Rotation die Wirkung hat, daß das Geschoß sich nicht überschlägt, daß vielmehr die Geschoßachse annähernd in der Richtung der Flugbahntangente bleibt, indem dieselbe Kegel — sog. „konische Pendelungen" — um letztere beschreibt. Die Folge davon ist, daß der Luftwiderstand stets nur auf eine verhältnismäßig kleine Fläche trifft und daher klein bleibt, und ferner, daß das Geschoß aus der Vertikalebene der Seelenachse abgelenkt wird. Dadurch wird die Flugbahn zu einer doppelt gekrümmten ballistischen Kurve.

4.) Die Größe der Rotationsgeschwindigkeit.

Die Geschwindigkeit, mit der die Geschosse sich um ihre Längenachse drehen, hängt ab von der Anfangsgeschwindigkeit und von der Stärke des Dralls. Letztere wird bekanntlich gemessen entweder durch

den Winkel, den die Führungskante mit einer der Seelenachse parallel gedachten Mantellinie der Seele bildet, den „Drallwinkel" oder durch diejenige Länge, auf der die Führungskante eine volle Umdrehung um die Seelenachse gemacht hat, „Dralllänge". Es ist leicht einzusehen, dass die Dralllänge gleich ist dem Umfange der Seele, dividiert durch die Tangente des Drallwinkels.

$$L = \frac{2r\pi}{tg\alpha}; \quad tg\alpha = \frac{2r\pi}{L};$$

Die Rotationsgeschwindigkeit eines Geschosses kann man ausdrücken: entweder

a.) durch die Angabe der in 1 Sekunde ausgeführten Umdrehungen; oder

b.) durch den von einem Punkte der Geschossoberfläche in 1 Sekunde im rotatorischen Sinne zurückgelegten Weg (die Drehachse dabei als ruhend gedacht).

ad a.) Die Anzahl der in 1 Sekunde gemachten Umdrehungen (U) findet man, wenn man die Anfangsgeschwindigkeit (c) durch die Dralllänge (L) dividiert, also: $U = \frac{c}{L}$.

ad b.) Die Umdrehungsgeschwindigkeit eines Punktes der Geschossoberfläche ist das Produkt aus der Anfangsgeschwindigkeit (c) und der Tangente des Drallwinkels (α), also $= c \cdot tg\alpha$; oder wenn d den Geschoss-Durchmesser (resp. das Kaliber) und L die Dralllänge bedeutet,

$$= \frac{d.\pi.c}{L} = \frac{2r\pi.c}{L}.$$

c.) Die Geschwindigkeit mit welcher das Geschoss rotiert, nennt man, zum Unterschiede von der fortschreitenden Geschwindigkeit des Geschosses, seine „Winkelgeschwindigkeit". Dieselbe wird gefunden, wenn man die Umdrehungsgeschwindigkeit eines Punktes am Umfange des Geschosses (siehe ad b) durch den Radius desselben dividiert, also $w = \frac{2r\pi.c}{L.r} = \frac{2c\pi}{L}$.

Während, wie im § 5 nachgewiesen, die fortschreitende Geschwindigkeit des Geschosses in Folge des Luftwiderstandes sehr schnell abnimmt, ist das mit der Rotationsgeschwindigkeit nicht im gleichen Grade der Fall.

Freilich wird die am Geschoßumfange stattfindende Luftreibung die Rotationsgeschwindigkeit etwas vermindern, indes in so geringem Grade, daß man, ohne einen großen Fehler zu machen, sie während der doch immer nur kurzen Flugzeit als konstant ansehen darf.

5 Mittel, die Rotation zu bessern d. h. die Stabilität der Drehachse zu sichern

Durch die Rotation erhalten die Teile am Geschoß-Umfang das Bestreben, nach außen in der Richtung der Umdrehung fortzufliegen, die <u>Centrifugalkraft</u>. Dasselbe rotiert um die <u>Längenachse</u> als freie Achse, wenn die Centrifugalkräfte auf den entgegengesetzten Seiten sich gegenseitig aufheben. Mit der Rotationsgeschwindigkeit und der Masse des Körpers wächst die Centrifugalkraft. Ist dieselbe bedeutend größer, als andere auf den Körper einwirkende Kräfte, so bleibt die Drehungsachse stabil; so z. B. fällt ein schnell rotierender Kreisel nicht um. Ein jeder Körper besitzt entweder <u>3 freie Achsen</u>, sog. „<u>Hauptachsen</u>", die im Schwerpunkt senkrecht aufeinander stehen, oder unendlich viele (z. B. eine ganz homogene Kugel). Bei gleicher Winkelgeschwindigkeit wird die kleinste Hauptachse einer rotierenden Scheibe stabiler sein als die größte. Nur freie Achsen sind stabil. Gegen äußere Störungen sind nur die kleinste und größte Hauptachse stabil zu nennen, die mittlere nicht. <u>Den Langgeschossen wird eine stabile Drehachse zu geben gesucht, damit unregelmäßige Einflüsse auf die Flugbahn sich weniger geltend machen, und dadurch die Treffwahrscheinlichkeit erhöht wird.</u>

Die Mittel zur Erzeugung einer genügenden Stabilität der Drehachse können sowohl in der <u>Geschütz-</u> als in der <u>Geschoßkonstruktion</u> gefunden werden. In ersterer Richtung fragt es sich nun zuerst, wie groß muß die Rotationsgeschwindigkeit, oder, da die Anfangsgeschwindigkeit und somit das Ladungsverhältnis als gegeben zu betrachten ist, <u>wie stark muß der Drall genommen werden?</u>

Je größer nun die Rotationsgeschwindigkeit wächst, um so stabiler wird die Drehachse, d. h. um so weniger

ist ein Überschlagen des Geschosses zu befürchten; aber andererseits leuchtet auch ein, dass eine grosse Rotationsgeschwindigkeit nur auf Kosten der Anfangsgeschwindigkeit erreicht werden kann, denn die Reibungswiderstände nehmen unbedingt mit der Grösse des Drallwinkels zu; ja sie können so bedeutend werden, dass das Geschoss schliesslich die Züge überspringt, so dass von einer regelmässigen Rotation überhaupt nicht mehr die Rede ist. (: Vergl. die Bemerkgn. sub Ziffer 2 dieses §:).
Man wird daher den Drall so stark machen, dass die für die Stabilität der Drehachse notwendige Rotationsgeschwindigkeit sicher erreicht wird, aber auch nicht stärker, als hiefür notwendig. Je grösser die Anfangsgeschwindigkeit des Geschosses ist, desto kleiner *kann* der Drallwinkel ausfallen; aber um so kleiner *muss* er auch sein, weil gerade bei einer grossen Anfangsgeschwindigkeit die Gefahr grösser ist, dass das Geschoss die Züge überspringt.
Aber auch durch richtiges *zentrales Eintreten des Geschosses in die Züge* muss die Stabilität der Drehachse gesichert werden, damit die Längenachse desselben, in welcher der Schwerpunkt liegen soll, als Hauptachse zur Drehungsachse wird. Die Mittel hiezu bieten teils eine rationelle Konstruktion des *Ladungsraumes*, teils eine zweckentsprechende Anordnung der *führenden Flächen*. In letzterer Beziehung spricht besonders das Führungsmaterial mit, insofern man nämlich bei einem harten Führungsmaterial (z. B. Kupfer) den Drall stärker machen kann, als bei einem weichen (Blei). Daher hat z. B. die für Geschosse mit Kupferführung konstruierte schw. 12 cm Kanone einen stärkeren Drall, als die ungefähr die gleiche Anfangsgeschwindigkeit besitzende, aber zunächst für Geschosse mit Hartbleimantel bestimmte 15 cm Ringkanone.
Ein ganz wesentliches Mittel, die Stabilität der Drehachse zu sichern, bietet die Bemessung der *richtigen Länge des Geschosses*, im Verhältnis zu ihrem Durchmesser. Je länger das Geschoss ist, desto weiter liegt im allgemeinen der Schwerpunkt hinter dem Angriffspunkt der Luftwiderstandsresultante, weil die an dem Führungsteil der

Geschoße abfließende Luft sich etwas staut. Je länger die Geschoße werden, um so größer ist also das Bestreben des Luftwiderstandes, die Geschoßspitze zu heben, um so größer muß also die Rotationsgeschwindigkeit d. h. der Drall sein.

Wäre man im Stande, brauchbare Geschoßformen zu konstruiren, bei denen der Schwerpunkt nahe der Spitze, anstatt im hinteren Teile des Geschoßes läge, so würde man das künstliche Hilfsmittel der Rotation ohne Zweifel ganz entbehren können. Denn ein solches Geschoß mit <u>Schwerpunkt vorn</u> muß, sobald es die Mündung verläßt, aus denselben Gründen, die dem Geschoß mit Schwerpunkt hinten eine gegen die Tangente der Flugbahn geneigte Stellung mit der Spitze nach oben geben, ebenfalls eine schräge Lage <u>mit der Spitze nach unten</u> annehmen. Im letzteren Falle wirkt der Luftwiderstand im entgegengesetzten Sinne wie die Schwerkraft und würde das Geschoß durch den überwiegenden Druck auf den hinter dem Schwerpunkt liegenden Teil seiner Oberfläche zwingen, aus seiner nach vorn gesenkten Stellung mit der Längenachse wieder in die Tangente der Flugbahn zurückzukehren und in dieser stetig zu verharren.

Ein praktisches Beispiel für die hier theoretisch entwickelte Art der Geschoßbewegung liefert der <u>Pfeil</u> und auch die sog. <u>Luft-Rakete</u>, welche, da deren Spitzen bei geringer Oberfläche verhältnismäßig sehr schwer, dagegen der Schaft bei ziemlich großer Oberfläche verhältnismäßig leicht sind, in Folge der hieraus sich ergebenden vorteilhaften Schwerpunkts-Lage eine vollkommen regelmäßige Bahn beschreiben können, ohne die mindeste Rotation um die Längenachse und ohne sich zu überschlagen.

Die Drehungsachse von Langgeschoßen würde am stabilsten sein, wenn die Länge des Geschoßes geringer als sein Durchmesser wäre. Dies ist aber aus anderen Gründen nicht angängig und sind bis jetzt als

derartigen Versuche sind an allerlei praktischen Schwierigkeiten gescheitert (z. B. Abschneiden der Spitze, Erleichterung des hinteren Geschoßteiles mittelst Verjüngung desselben, wie beim früheren preuß. Zündnadelgeschoß, Kehlungen an demselben oder Aushöhlung desselben; hieher gehört auch der bei den 12 cm Geschossen K/73 und K/80 angestellte Versuch, durch Anbringen eines kleinen Konus am Geschoßboden gewissermaßen eine Steuerung zu erzielen).
Jedenfalls darf die Länge des Geschosses bei einem Ladungsquotienten von $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{4}$ (also 400–500 m Anfangsgeschwindigkeit) und 3°–4° Drallwinkel nicht größer als 3 Kaliber sein. Bei geringer Rotationsgeschwindigkeit muß sie geringer sein, bei größerer Rotationsgeschwindigkeit kann sie bis 5 Kaliber lang sein; dadurch wird aber größere Anstrengung des Rohres, Verlust an Anfangsgeschwindigkeit und unsichere Führung veranlaßt.
Es bleibt noch die <u>Massenverteilung im Geschoß</u> als ein Einfluß auf die Stabilität der Geschosse zu erwähnen.
Die Geschoßmasse muß möglichst gleichartig um die Längenachse verteilt sein, damit bei eintretender Rotation während einer Umdrehung die Fliehkräfte im Geschoß sich gegenseitig aufheben; ist dies nicht der Fall, so muß notwendig eine Ablenkung der Achse davon die Folge sein, wie dies z. B. bei exzentrischen Granaten eintreten wird.
Endlich kann die Massenverteilung bei nicht homogenen Geschossen, wie sie, in der Artillerie wenigstens, meist zur Anwendung kommen, der Art sein, daß die schweren Teile mehr nach dem Umfange hin oder umgekehrt liegen.
Ersteres ist günstiger, weil diese Teile bei der Rotationsbewegung an einem um so größeren Hebelarme wirken, je weiter sie von der Achse entfernt sind, und daher in Folge des größeren Trägheitsmoments der Rotation eine größere Energie verleihen, welche nur vorteilhaft für die Stabilität der Geschosse sein kann; jedenfalls wird in diesem Falle die Abnahme der Rotationsgeschwindigkeit nicht so schnell erfolgen, als in dem entgegengesetzten, z. B. bei Shrapnels weniger als bei Granaten.

6.) Resumé.

So unentbehrlich indes demnach die Rotation für unsere gezogenen Geschütze auch ist, so darf sie niemals für etwas anderes, als ein notwendiges Übel angesehen werden. Denn die Rotation des Geschosses um seine Längenachse kann immer nur unter Aufwendung eines entsprechenden Teiles der entwickelten Pulverkraft erzielt werden. Dieser Teil, der um so größer ausfällt, je größer die Winkelgeschwindigkeit im Verhältnis zur fortschreitenden, also je steiler der Drall der Züge ist, geht natürlich für die Vorwärtsbewegung des Geschosses verloren, welches in Folge dessen eine kleinere Anfangsgeschwindigkeit erhält, als es unter sonst gleichen Umständen empfangen hätte, wenn es nicht zu der Umdrehung um seine Längenachse gezwungen würde. Allerdings wird diese Einbuße an Geschwindigkeit einigermaßen, aber nicht voll, wieder ausgeglichen durch den Umstand, dass das rotierende Geschoß sowohl seiner eigentümlichen bohrenden Bewegung halber, als auch eben vermöge seiner geringeren Geschwindigkeit den Luftwiderstand leichter zu überwinden vermag, als ein ihm kongruentes, aber nicht rotierendes Geschoß von gleichem Gewicht: es verliert daher auch weniger an Geschwindigkeit und behält somit eine relativ größere, wenngleich absolut immer noch kleinere Endgeschwindigkeit, als letzteres haben würde.

Nachstehende Tabelle bietet interessanten Stoff zu Vergleichen über den Zusammenhang von Anfangsgeschwindigkeit, relativer Geschoßlänge, Drall und Rotationsgeschwindigkeit:

Aufgabe:

Welche Folgerungen lassen sich aus den Gesetzen über Luftwiderstand und Rotation der Geschosse herleiten für a) die Konstruktion der Geschütze,
b) " " " Geschosse und
c) " Beschaffenheit der Flugbahnen?

Bezeichnung des Geschützes	Kaliber cm	Länge der Bohrung in Kalibern	Anfangs-Geschwindigkeit m	Drallwinkel	Drall-Länge in Kalibern	Drall-Länge absolut m	Zahl der Umdrehungen pro Sek.	Rotationsgeschwindigkeit, d.i. Weg eines Punktes am Umfang des Geschosses m
Schweres Feldgeschütz C/73	8,8	2,56	444	3°25'	50	4,4	101	27,8
Leichtes " "	7,85	2,55	465	3°35'	50	3,925	111	29,1
Französischer canon de 90 mm	9,00	2,84	455	7° x)	25,6 x)	2,3 x)	198	55,8
" " " 80 "	8,00	2,85	490	7° x)	25,6 x)	2,0 x)	245	60,2
Österreichischer 9 cm	8,5	2,41	448	5°	45	3,82	117	39,2
9 cm Stahl- und Eisenkanone C/61	9,16	2,04	322	3°30'	51,4	4,7	69	19,7
15 cm Ringkanone	14,91	2,4	485	3°15'	55	8,2	59	27,5
Schwere 12 cm Kanone	12,03	2,5 – 2,7	450	4°	45	5,414	.	.
Kurze 15 cm Bronze-Kanone	14,91	2,4	253 xx)	4°	44,9	6,697	.	.
Krupp'sche 10,5 cm Versuchskanone	10,5	3,5 – 4	485	7°10' x)	25 x)	2,615 x)	185	61,0
9 cm Mörser	8,8	2,5	139 xx)	4°	25,6	3,95	.	.
15 cm Mörser	14,97	2,4	180 xx)	7°	25,6	3,834	.	.
21 cm Mörser	20,9	2,5	214 xx)	7°	25,6	5,35	40	26,3
Infanterie-Gewehr M/71	1,1	2,6	430	3°35'	50	0,55	782	26,9

x) Progressiv-Drall

xx) Mit der Gebrauchs- resp. größten Ladung.

II. Die Schußtafeln und ihr Gebrauch.

§ 7.

Die Angaben der Schußtafel.

Wäre die Flugbahn der Geschosse eine gerade Linie, so würde man das Ziel treffen, sobald die Verlängerung der Seelenachse auf dasselbe gerichtet ist. Da aber die Flugbahn, wie im Vorausgehenden nachgewiesen, eine doppelt gekrümmte ballistische Kurve ist, so muß die Seelenachse um einen bestimmten, von der Entfernung abhängigen, den Winkel –, den Erhöhungswinkel –, über das Ziel hinweg gerichtet sein. Ebenso ist wegen der konstanten Seitenabweichung der Geschosse die Seelenachse um einen bestimmten, von der Größe der Derivation abhängigen, Winkel, die Seitenverschiebung, links vom Ziele vorbei zu richten.

Die Schußtafeln geben nun in erster Linie die Erhöhungswinkel und die Seitenverschiebung für alle Entfernungen von 100 zu 100 m an, ferner die Fallwinkel, da sie zur Bestimmung des bestrichenen Raumes oder zur Ermittlung der Ladung für den indirekten Schuß gebraucht werden; endlich enthalten sie meist auch Angaben über Flugzeiten, Endgeschwindigkeiten, Verlegung des Treffpunktes u.s.w., welche dazu dienen, sich ein möglichst klares Bild von der Gestalt der Flugbahn machen zu können und die Ausführung von Korrekturen beim Schießen zu ermöglichen.

Die Schußtafeln sind demgemäß Tabellen, in welchen die Abhängigkeit der Ladung, Entfernung, Erhöhung, Seitenverschiebung und Fallwinkel in Zahlen angegeben ist und außerdem noch Angaben über Korrekturmittel, Treffähigkeit, Geschoßwirkung, Flugzeiten,

Geschwindigkeiten, Abgangsfehler u. dgl. enthalten. Die Schußtafeln geben daher ein Bild der gesammten ballistischen Leistung jeder einzelnen Waffe.

§ 8.

Die Aufstellung der Schußtafeln.

a) Allgemeines.

Da die Gesetze des Luftwiderstandes und der Rotation noch nicht soweit erkannt sind, daß man die zu jeder Entfernung nötigen Erhöhungswinkel z. B. durch Rechnung finden kann, da nur der Einfluß der Schwere auf alle Geschosse derselbe d. h. bekannt ist, so ist man genötigt, dieselben durch Schießversuche zu ermitteln.

Diese Versuche müssen, um zuverlässige Resultate zu liefern, unter möglichst normalen Verhältnissen stattfinden. Dazu gehört, daß:

1, die dazu verwendeten Geschütze tadellos sind;

2, die zu verfeuernden Geschosse nicht nur tadellos sind, sondern auch, daß die Differenzen in Dimensionen und Gewichten die für den Kriegsgebrauch gestatteten Toleranzen noch nicht erreichen. Man wird daher Geschosse von ein und derselben (mittleren) Gewichtsklasse verwenden,

3, das Pulver und der Luftwiderstand gleichmäßig wirken. Dazu genügt nicht nur eine vorhergehende Untersuchung des Pulvers, sondern man wird den Schießversuch nur auch bei gutem, beständigem Wetter vornehmen.

4, die Bedienung besonders sorgfältig sei. Dazu gehört gutes, gleichmäßiges Richten und Ansetzen der Geschosse, aufmerksame Behandlung der Liderung und des Verschlusses, fester Horizont, ebener Geschützstand, Reinhaltung der Seele u. s. w.

Die Zuverlässigkeit hängt ferner im hohen Grade von der Zahl der Schüsse ab, und zwar wächst sie im quadratischen Verhältnis zur Schußzahl.

Daher ist eine möglichst hohe Zahl von Schüssen wünschenswert, bei uns werden in der Regel 15 dazu gebraucht.

Da man unmöglich (des Kostenpunktes halber) auf allen Entfernungen schießen kann, so wählt man zweckmäßigerweise dazu die weiteste, für die das Geschütz überhaupt bestimmt ist, ferner eine ganz kleine und endlich mehrere, um einige 100 m auseinanderliegende aus.

Bei den Schußtafelversuchen werden unmittelbar bestimmt: die Beziehung zwischen Erhöhung und Schußweite, die Geschoßgeschwindigkeiten bis zu solchen Entfernungen, wo die zu durchschießenden Gitterrahmen noch mit einiger Aussicht auf Erfolg getroffen werden, und endlich der Abgangsfehler. —

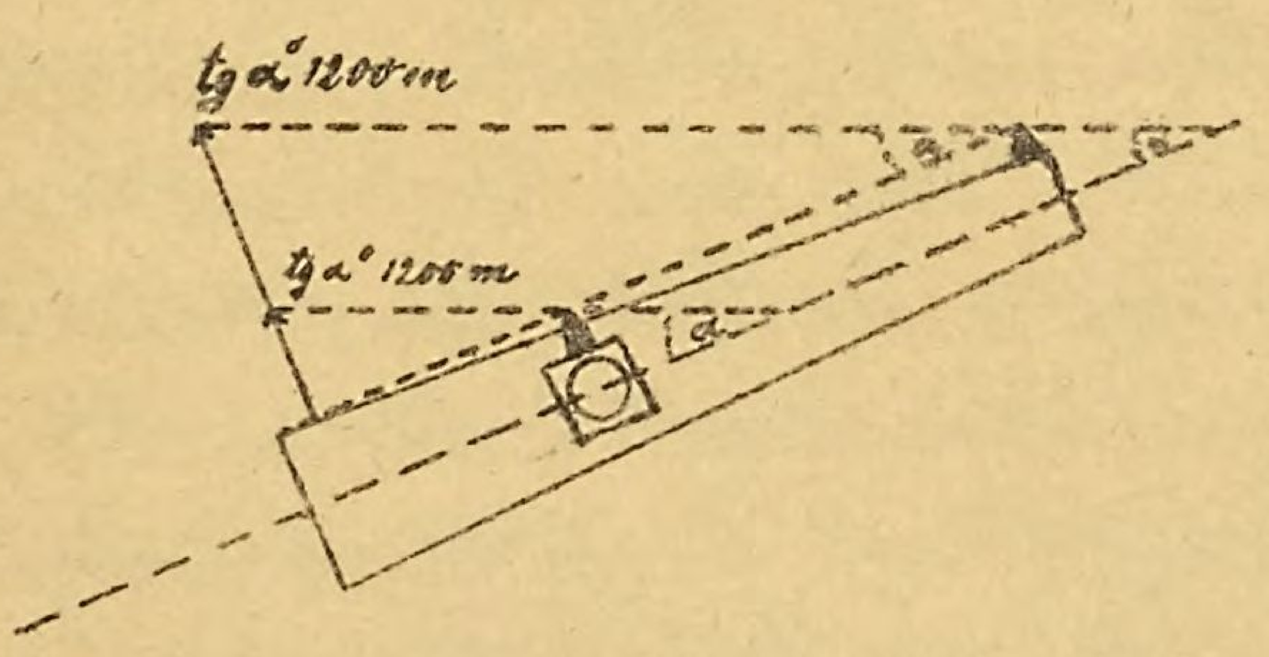
Bei allen neueren Geschützen sind die Schußweiten bis zu den Erhöhungsgrenzen der betreffenden Laffeten und zum Teil noch darüber hinaus (z. B. Feldgeschütz C/73) erschossen worden, während die Geschoßgeschwindigkeiten bis zu 1500 m, 2000 m und selbst bis zu 4500 m, bei älteren Geschützen und kleinen Ladungen nur bis zu Entfernungen von 900 m und 1200 m gemessen werden konnten.

Welche Entfernung man bei einer bestimmten Erhöhung voraussichtlich erreichen wird, kann man schon vorher, wenigstens annähernd bestimmen.

Auf diesen Entfernungen stellt man 5 m hohe u. breite sog. „Durchschießscheiben" auf, während auf großen Entfernungen und bei Mörsern, bei denen man wegen der großen Streuung nur mit wenigen Schüssen zu treffen hoffen dürfte, gegen die freie Ebene geschossen wird.

Für den Granatschuß sind die Schußtafeln der Gebrauchsladungen, der kleinsten und einer mittleren Ladung durch Schießversuche festgestellt und aus den so gewonnenen Angaben für mindestens 3 Ladungen die Verhältnisse für die zwischenliegenden Ladungen durch graphische Interpolation

bestimmt werden.
Die Schusstafeln für Shrapnels werden im engsten Anschluss an diejenigen für Granaten bei gleicher Ladung erschossen, und zwar finden in der Regel die betreffenden Schusstafelversuche mit beiden Geschossen an demselben Tage statt, so dass die Erhöhungen für beide Schussarten unter möglichst gleichen Verhältnissen erschossen sind, und für die Übertragung einer mit Granaten erschossenen Entfernung auf den Shrapnelschuss eine möglichst sichere Grundlage hergestellt ist.
Die erschossenen Resultate werden in einer Schiess-Liste, die besser in ein Scheibenbild eingetragen, und auf Grund dieser Mittelwerte für die zwischenliegenden Entfernungen die Erhöhung und Seitenverschiebung durch _graphische Interpolation_ und durch _Rechnung_ bestimmt, da dieselben nicht sprungweise, sondern stetig wachsen.
Gewehre werden auf 100 m auf Strich eingeschossen.
Die seitliche Verschiebung des Korns des M/71 nach rechts beträgt ca 1 mm oder 5 Minuten (= 1½ Sechzehntel-Grad).



Die gewonnenen Erhöhungen des Visiers resp. Korns werden in die Schusstafel eingezeichnet, ihre Tangentenlängen für die einzelnen Entfernungen auf den Aufsatz (für Feldgeschütze und 9 cm), bei Handfeuerwaffen auf das Visier aufgetragen und mit den Zahlen der Entfernung versehen.
An den durch die Schiessversuche gewonnenen Zahlen ist bei Bearbeitung der Schusstafeln möglichst festzuhalten und die Interpolation, sowie die Rechnung

nur zur Gewinnung der nicht unmittelbar erhaltenen Werte und zur Erkennung solcher Versuchs-Ergebnisse, welche weniger zuverlässig sind, verwendet werden.

Bei Aufstellung der Schußtafeln können die Unregelmäßigkeiten, welche durch äußere Umstände, namentlich durch Einflüsse der Witterung bedingt sind, nicht beseitigt werden, wenn nicht die rein praktische Basis der Schießversuche verlassen und an deren Stelle die Rechnung in ausgedehnterer Weise zur Verwendung kommen sollte.

Von letzterer Maßregel hat man im Hinblick auf die geringe Zuverlässigkeit aller bisher aufgestellten ballistischen Formeln Abstand genommen.

Die Schußtafeln geben also nicht durchweg mathematisch richtige Angaben, doch sind dieselben völlig ausreichend für den Schießgebrauch. Es lassen sich an denselben auch die Gesetze der Ballistik für alle Konstruktionszwecke mit genügender Genauigkeit erkennen; um aber an ihnen die Richtigkeit ballistischer Formeln zu prüfen, muß dem Vorstehenden entsprechend mit Vorsicht verfahren werden.

Die Anfertigung der Schießlisten u. Scheibenbilder.

Die <u>Schießliste</u> enthält außer den Angaben über Erhöhung, Ladung etc. Rubriken, in welche nach dem die Abweichungen nach oben u. unten vom Horizontalstrich und rechts und links vom Vertikalstrich der Scheibe eingetragen werden, ferner die Weite des ersten Aufschlages und die Seitenabweichungen rechts und links. Aus diesen Angaben werden alsdann ganz in derselben Weise, wie beim Anschießen abgezogener Geschütze angegeben, berechnet: Längenstreuung, Breitenstreuung, mittlere Schußweite, die mittleren Längen- und parallele Seitenabweichung.

Für das <u>Scheibenbild</u> werden berechnet: Die Höhenstreuung, Breitenstreuung, der Ort des mittleren Treffpunktes, die mittlere Höhen- und Seitenabweichung.

Bei Gewehren wird der „mittelste Treffpunkt" bestimmt. Über die Bedeutung desselben vergleiche nächstes Kapitel II, Seite

Für den so gefundenen mittleren resp. mittelsten Treffpunkt würde man nun durch den Schießversuch ~~würde man nun~~ die richtige Erhöhung ermittelt haben; es kommt jedoch darauf an, sie für den Zielpunkt zu finden.

Die gesuchte Erhöhung bezw. Seitenverschiebung ist also diejenige, mit welcher der Zielpunkt (Mitte der Scheibe) getroffen wird. Fällt der mittlere (mittelste) Treffpunkt nicht mit dem Zielpunkt zusammen, so ist noch ein „Korrektionswinkel" in Rechnung zu stellen, der sich aus der Entfernung der Scheibe vom Geschütz und der Lage des mittleren Treffpunktes zum Zielpunkt ergibt. Liegt der mittlere Treffpunkt um t senkrecht über oder unter dem Zielpunkt, so ist, wenn E die Entfernung des Ziels vom Geschütz, $\frac{t}{E}$ die Tangente des Korrektions-Winkel (w), also $tg\,w = \frac{t}{E}$; derselbe ist von der Erhöhung abzuziehen, wenn der mittlere Treffpunkt über, zu derselben zu addieren, wenn er unter dem Zielpunkt liegt. — Aus der parallelen Seitenabweichung erhält man ganz ebenso einen Korrektionswinkel, welcher zu der angewendeten Seitenverschiebung zu addieren ist, wenn der mittlere Treffpunkt rechts, davon zu subtrahieren ist, wenn er links vom Zielpunkt liegt.

Beim Schießen gegen die freie Ebene ist die Lage eines jeden Treffpunktes zur Geschützmündung durch Nivellement zu ermitteln, und sind die Höhenunterschiede in analoger Weise in Rechnung zu ziehen.

Beim Schießen gegen die Anschießscheibe sind auch die Fehlschüsse, d. h. solche Schüsse, die ohne die Scheibe zu treffen vor oder hinter, rechts oder links derselben aufgeschlagen sind, zu berücksichtigen.

Zu diesem Zwecke ist zunächst der Einfallwinkel α zu berechnen, was in der Weise geschieht, daß man das arithmetische Mittel der Höhen, in welchen die Geschosse durch die Scheibe gegangen sind, und der Abstand, in denen sie hinter derselben aufgeschlagen sind, bildet

Ist a die mittlere Höhe, b der mittlere Abstand der Aufschläge vom Fuß der Scheibe, so ist $tg\,\alpha = \frac{a}{b}$. Ist also ein Geschoß um d vor oder hinter der Scheibe aufgeschlagen, so ist $d \cdot tg\,\alpha$ die Höhe, in der es unter bezw. über dem Fuß der Scheibe dieselbe getroffen haben würde, wenn diese die entsprechende Größe gehabt hätte, oder das Geschoß nicht seitwärts vorbeigegangen wäre.

F.) Die Schußtafelkurven.

Hat man nun durch die eben beschriebenen Schießversuche für mehrere Entfernungen die dazu gehörige Erhöhung und Seitenverschiebung gefunden, so sind dieselben Daten für alle dazwischen liegenden Entfernungen, auf denen nicht geschossen werden konnte, zu ermitteln. Dies geschieht durch die sogenannte „graphische Interpolation". Diese Methode beruht darauf, daß man die Erhöhung etc. als von der Schußweite abhängige Größen (Funktionen) auffaßt und dieselben als Ordinaten darstellt, deren Abscissen die betreffenden Schußweiten sind. Eine die Endpunkte der Ordinaten verbindende Kurve gibt die gesuchte Erhöhung, Seitenverschiebung etc. für alle Zwischenentfernungen und eine Anschauung von dem gesetzmäßigen Verhältnis, das zwischen der Schußweite und der dazu gehörigen Erhöhung etc. besteht.

Gesetzt, man habe durch Schießversuche folgende Daten gefunden:

Entfernung m	Erhöhung °	Seitenverschiebung $\frac{1}{16}$°	Mittlere Streuung nach: Höhe	Breite	Länge
			cm	cm	m
400	$5\frac{1}{2}/16$	0	21,4	18,6	15,5
1400	2^8	1	115,2	99,8	18,9
2000	4^3	$1\frac{1}{2}$	263,2	167,3	23,1
2613 *)	6	3	.	239,0	27,3
3267 *)	8^8	4	.	336,0	30,8

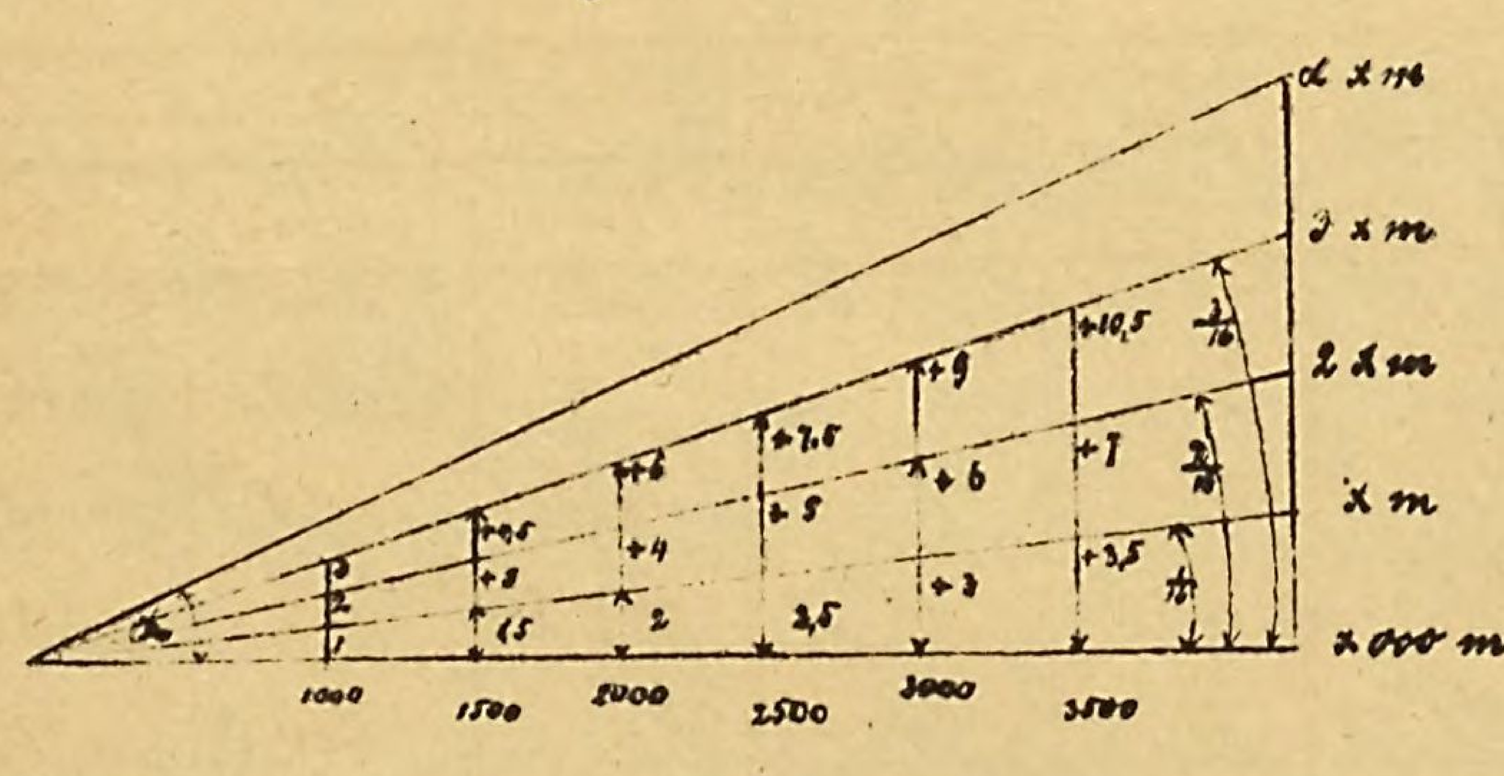
Anmkg.

*) Daß für die größeren Entfernungen nicht runde Zahlen angegeben sind, wie für die kleineren, hat seinen Grund darin, daß auf den großen Ent-

fernungen nicht gegen Scheiben, sondern vielmehr gegen die freie Ebene geschossen ist. Daher fehlen auch die Angaben über die Höhenstreuung.

In einem quadrierten Gitterbogen sind die Entfernungen als Abszissen einzutragen und die der Erhöhung bezw. Seitenverschiebung oder den mittleren Abweichungen entsprechenden Punkte auf den Ordinaten zu verzeichnen und die gewonnenen Punkte durch stetige Kurven zu verbinden. Jetzt kann man für jede beliebige Entfernung die zugehörige Erhöhung u. ablesen.

Die die Endpunkte der Ordinaten verbindende Kurve wird mittelst eines biegsamen Kurvenlineals gezogen. Meist wird man die Erfahrung machen, daß sich die Kurve nicht durch alle, durch die Versuche gewonnenen Punkte legen läßt. In diesem Falle ist die Kurve so zu legen, daß sie zwischen den Punkten hindurchläuft, derart, daß die Summe der Abstände der auf der einen Seite der Kurve gelegenen Punkte der der anderen Seite gleich ist. Der Grund weswegen die Kurve nicht durch alle Punkte gelegt werden kann, liegt darin, daß die Versuchsresultate nicht absolut richtige sind, sondern durch Witterungs- oder andere Einflüsse mehr oder minder beeinträchtigt sind. Die Werte, welche die Kurve für die Erhöhung als die zutreffenden angibt, sind auch nicht unbedingt richtig, sondern nur die wahrscheinlichsten.



In der Schußtafel werden die Erhöhung und die Seitenverschiebung von 100 zu 100 m eingetragen und zwar auf $\frac{1}{16}$° abgerundet. Diese Einteilung in $\frac{1}{16}$° bietet den großen Vorteil, mit ihr leicht Korrekturen nach der Höhe und Seite vornehmen zu können; denn da $tg \frac{1}{16}° = 0{,}0011$ oder rund $\frac{1}{1000}$ ist, so verlegt $\frac{1}{16}$° Erhöhung oder Seitenverschiebung

den Treffpunkt nach der Höhe oder Seite um $\frac{1}{1000}$ der Entfernung, (richtiger, aber weniger bequem, auf 1000 m um 1,1 m)

Für den Entfernungs-Aufsatz dagegen wird die Aufsatzhöhe aus der Schußtafelkurve genau berechnet.

Bezeichnet v die Länge der Visierlinie und α den Erhöhungswinkel, so ist die Aufsatzhöhe $v.\,tg\,\alpha$. Beim schw. Feldgeschütz z. B. beträgt die Erhöhung für 1500 m 2°58', die Länge der Visierlinie ist 891 mm, daraus folgt die Aufsatzhöhe

$$891.\ tg\,2°58' = 45,1\,mm.$$

In der Zeichnung der Kurve für die Erhöhung zeigt sich, daß die Kurve nicht, wie man annehmen sollte, durch den Nullpunkt geht; sie schneidet vielmehr die Abscissenachse auf cca 200 m d. h. bei horizontal gerichtetem Geschütz erreicht man eine Schußweite von 200 m. Der Grund liegt in dem schon §3 und §6, Ziffer 2 erwähnten Abgangsfehler, um welchen der Abgangswinkel immer größer ist, als der Erhöhungswinkel.

§9.

Einrichtung der Schußtafeln.

Die Schußtafeln jeden Kalibers beginnen mit der vorzugsweise zur Verwendung kommenden Schußart (Granaten) und der Gebrauchsladung, welcher die Tafel für den Shrapnelschuß unmittelbar folgt. Bei denjenigen Geschützen, welche zum indirekten Schuß Verwendung finden, folgen hierauf die Tabellen für verkleinerte Ladungen, mit der kleinsten beginnend. Den Schußtafeln jeden Kalibers ist eine Treffähigkeitstabelle angefügt, auf welche später zurückgekommen werden wird.

Die Winkel sind in ganzen und $\frac{1}{16}$ Graden angegeben; letztere sind den ganzen Graden mit kleineren Ziffern als Exponenten angefügt.

Die Erhöhungs- und Fallwinkel beziehen sich auf

eine durch die horizontale Seelenachse gedachte, horizontale Ebene. Liegt der Treffpunkt nicht in dieser Ebene, so ist zur Bestimmung des Erhöhungs- und Fallwinkels neben den in der Schusstafel hierfür gemachten Angaben, der Terrainwinkel in Rücksicht zu ziehen.

Liegt das Ziel höher als die gedachte Ebene, so ist der Terrainwinkel zum Erhöhungswinkel zu addieren, und vom Fallwinkel zu subtrahieren; liegt das Ziel tiefer als diese Ebene (Geschützhorizont), so gilt das Umgekehrte. Dass beim Richten mit dem Aufsatz nach dem beabsichtigten Treffpunkte der Terrainwinkel nicht in Rechnung kommt, bedarf kaum der Erwähnung.

Die Abgangsrichtung des Geschosses weicht von der Richtung der Seelenachse in der Regel nach oben ab, während die Abweichungen in seitlicher Richtung sich gesetzmässig nicht feststellen lassen. Die Abgangsfehler in der Vertikalebene müssen dagegen bei allen ballistischen Rechnungen Berücksichtigung finden.

Die <u>Erhöhungen</u> sind angegeben bis zu den Grenzen der Schussweiten der einzelnen Geschütze unter Berücksichtigung der Verwendung derselben in der Praxis. Diese Grenzen sind bedingt durch die Konstruktion des Geschützes selbst und seiner Munition, sowie die Art der Laffetierung. Es sind z.B. bei den gezogenen Mörsern für eine Reihe von Entfernungen bei einer und derselben Ladung 2 Erhöhungen angegeben, eine kleinere für flache Flugbahnen und eine grössere (ungefähr das Komplement der vorigen) für stark gekrümmte Flugbahnen.

Die <u>Seitenverschiebung</u> d.h. das Mass, um welches die Seelenachse der gezogenen Geschütze, der konstanten Seitenabweichung der Geschosse wegen, links seitwärts vom Ziel vorbeigerichtet werden muss, damit letzteres getroffen werde, ist stets <u>zuzählend</u> d.h. nach den höheren Zahlen zu (bei festen Aufsätzen und den Richtlatten), bezw. so zu verstehen, dass der

lose Aufsatz, bei welchem sich der Nullstrich in der Mitte der Eintheilung befindet, von rechts nach links verschoben werden muß.

Der <u>Fallwinkel</u> muß nach dem Gesetz der Fortbewegung der Geschosse im lufterfüllten Raume, in Folge der Verzögerung der Geschoßbewegung durch den Luftwiderstand immer größer sein als der Abgangswinkel. Die Differenz zwischen beiden Winkeln muß bei gleichen Ladungen und Geschossen um so größer werden, je größer die Entfernung ist, auf der man schießt. Dieses Gesetz findet auf jeder Seite der Schußtafel seine Bestätigung. Es wachsen also die Fallwinkel mit den Entfernungen, und zwar in höherem Maße, als die entsprechenden Erhöhungswinkel.

Die Angaben über die Größe der Fallwinkel in den Schußtafeln sind unmittelbar erforderlich für viele Fälle des Schießens aus Festungs- und Belagerungsgeschützen, zur Erstellung der Schießlisten und sonstiger ballistischer Rechnungen; sie geben außerdem überall ein Bild von der Größe des bestrichenen Raumes, was wichtig ist für die Beurtheilung der Leistungsfähigkeit der Geschütze beim Beschießen feststehender bezw. nach der Tiefe ausgedehnter Ziele.

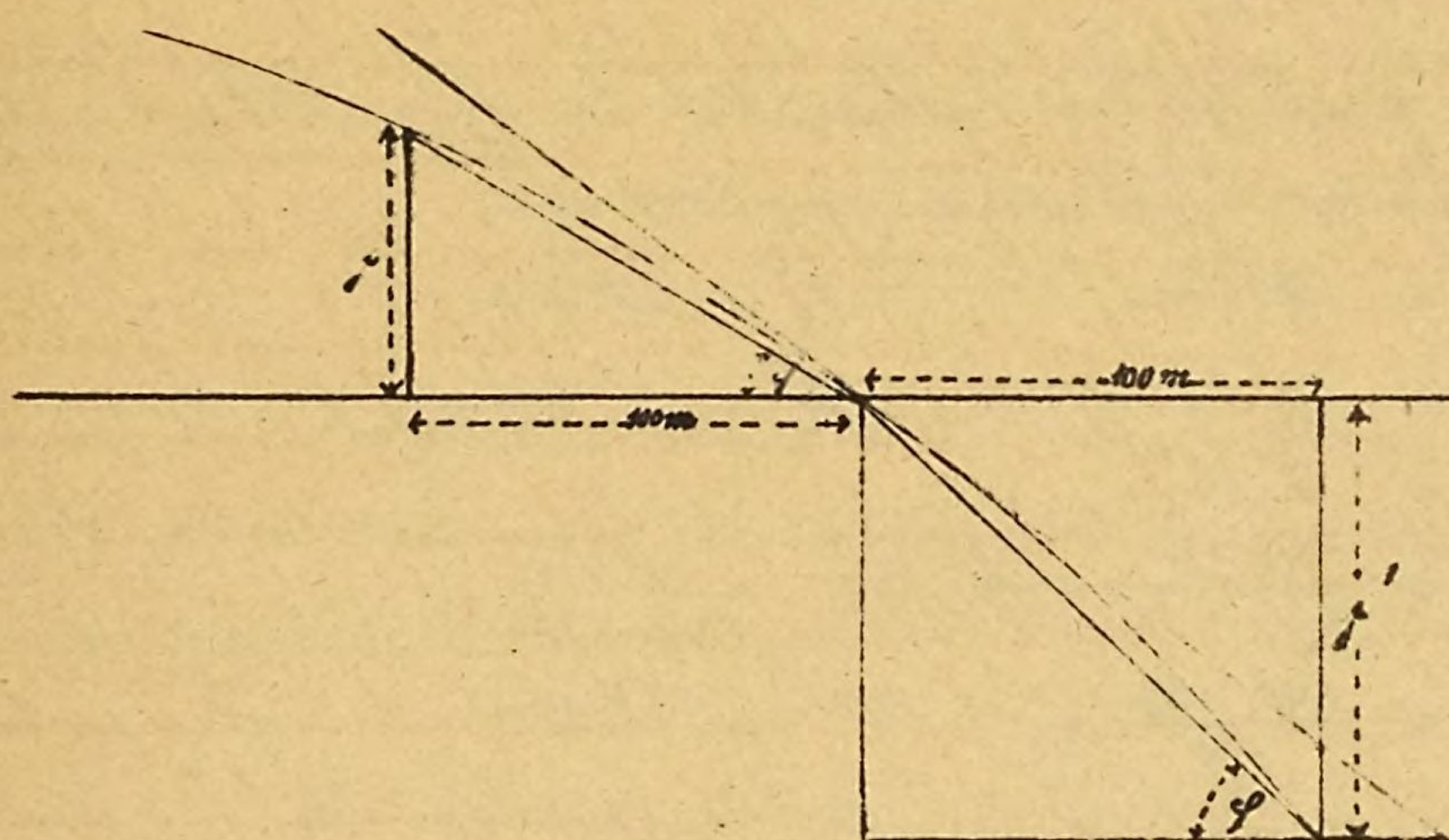
Die Fallwinkel können entweder dadurch ermittelt werden, daß man die Höhe, in welcher ein Geschoß durch die Scheibe geht, und die horizontale Entfernung des Aufschlagpunktes vom Fuße der Scheibe mißt. Der Quotient aus beiden ist die Tangente des Fallwinkels. Diese Bestimmung des Fallwinkels ist aber ziemlich unkorrekt, da die Geschosse durch die Scheibenwand abgelenkt werden können und das Terrain nie ganz horizontal ist, also zu weitläufigen Nivellements zwingt.

Man kommt durch eine ganz einfache Rechnung sehr viel kürzer und weniger umständlich zum Ziel.

Betrachtet man nun die letzten 100 m der Flugbahn als geradlinig und bezeichnet

w = Schußweite,
φ = den gesuchten Fallwinkel,
v = die um 100 m kleinere Entfernung,
f = die zu dieser Entfernung gehörige Flughöhe,
so ist

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{f}{100}$$



Da nun die Flughöhe, wie im § 12 gezeigt werden wird, sich berechnen läßt als:

$$f = \frac{v \cdot \operatorname{tg}(\alpha - \beta)}{100},$$

wobei α den Erhöhungswinkel für die Schußweite w, und β den Erhöhungswinkel für die Entfernung von der Geschützmündung bis zu der zu ermittelnden Flughöhe bedeutet, so erhält man, wenn man diesen Wert für f einsetzt,

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{v \cdot \operatorname{tg}(\alpha - \beta)}{100},$$

oder, da die Tangenten den Winkeln proportional sind,

$$\varphi = \frac{v \cdot (\alpha - \beta)}{100} \quad \text{-------------------- (I)}$$

Dieser Wert ist, wie obenstehende Figur zeigt, jedenfalls etwas zu klein, da die Flugbahn gekrümmt ist.
Nimmt man dagegen die Flughöhe f' für die um 100 m größere Entfernung, so ist der sich hieraus ergebende Winkel

$$\varphi_1 = \frac{v_1 \cdot (\beta_1 - \alpha)}{100}$$

etwas zu groß.
Der zutreffendste Wert ist daher

$$\frac{\varphi + \varphi_1}{2} \text{ oder}$$

$$= \frac{1}{2}\left(\frac{v(\alpha - \beta)}{100} + \frac{v_1(\beta_1 - \alpha)}{100}\right); \quad \text{z. B.}$$

Wie groß ist der Fallwinkel der schw. Feldgranate bei einer Schußweite von 2000 m?

$v = 1900\,m$; $\quad v_1 = 2100\,m$;

$\alpha = 4^\circ 8\frac{1}{2}'$; $\quad \beta_1 = 4^\circ 25\frac{1}{2}'$;

$\beta = 3^\circ 52'$;

$\varphi = \frac{v(\alpha-\beta)}{100} = 19 \cdot 16\frac{1}{2}' = 5^\circ 13\frac{1}{2}'$;

$\varphi_1 = \frac{v_1(\beta_1-\alpha)}{100} = 21 \cdot 17' = 5^\circ 37'$;

$\frac{\varphi+\varphi_1}{2} = 5^\circ 35' 15''$.

Anmerkg. In der Schußtafel ist der Fallwinkel zu $6\frac{8}{10}^\circ$, also um fast einen ganzen Grad größer angegeben. Wenngleich mir nicht bekannt ist, wie die Fallwinkel ermittelt sind, so scheint doch diese Angabe entschieden zu hoch. Ganz einwandfrei sind die Angaben der Schußtafeln jedenfalls nicht, wie folgende Betrachtung erkennen läßt: Offenbar ist die Differenz zwischen Fall- und Erhöhungswinkel um so größer, je größer der Luftwiderstand ist. Ohne jeden Zweifel ist der Luftwiderstand, den die leichte Feldgranate zu überwinden hat, größer als der der schweren, wegen der kleineren Querschnittsbelastung und wegen der größeren Geschwindigkeit. Nichtsdestoweniger ist die Differenz zwischen Fall- und Erhöhungswinkel
auf 2000 m bei der l. F. Gr. $2\frac{5}{16}^\circ$, bei der s. F. Gr. $2\frac{6}{16}^\circ$;
" 3000 m " " " " " $4\frac{1}{16}^\circ$, " " " " " $4\frac{4}{16}^\circ$;
" 4000 m " " " " " $5\frac{13}{16}^\circ$, " " " " " $7\frac{8}{16}^\circ$,
während man das Gegenteil erwarten sollte.

Wie sich aus dem Beispiel ergibt, ist zwischen den Größen $\alpha - \beta$ und $\beta_1 - \alpha$ der Unterschied verschwindend klein, so daß

er ohne großen Fehler vernachlässigt werden darf, wodurch man erhält

$$\frac{\varphi+\varphi_1}{2} = \frac{1}{2}\left(\frac{(v+v_1)(\alpha-\beta)}{100}\right)$$ und da $\frac{v+v_1}{2} = w$ ist,

$$= \frac{w(\alpha-\beta)}{100} \text{ (II)}$$

Eine andere sehr bequeme Formel zur Berechnung der Fallwinkel ist die für die früheren glatten Geschütze abgeleitete, welche auch auf die gezogenen Geschütze angewendet werden kann, nämlich

$$tg\,\varphi = \frac{A.\,tg(\alpha-\alpha_1)}{A-a} \text{ (III)}$$

worin A und a Schußweiten, α und α_1 die entsprechenden Erhöhungswinkel und φ den Fallwinkel bedeuten.

Die Endgeschwindigkeiten geben die Geschoßgeschwindigkeit am Ziel in der Richtung der Flugbahntangente an. Es kann nicht auffallen, daß bei einer Ausdehnung der Schußweite bis zu einer Meile und darüber hinaus (Feldgeschütze C/73, schw. 9 u. 12 cm, sowie 15 cm Ringkanonen) auf den größten Entfernungen eine Wiederzunahme der Endgeschwindigkeit eintritt. Die Größe der Fallwinkel hat hier zur Folge, daß die Schwerkraft einen größeren Einfluß auf die Änderung der Geschwindigkeit gewinnt als der direkte Luftwiderstand ausübt. Die Endgeschwindigkeit ist auf den kleineren Entfernungen durch Messung mit dem elektroballistischen Chronographen von le Boulengé gefunden. Darüber hinaus ist sie berechnet. Kennt man z. B. die Flugzeit der Granate für 2450 m und für 2550 m, so legt das Geschoß die zwischen 2450 m und 2550 m gelegenen 100 m in der Differenz der Flugzeiten zurück. Beträgt diese t, so ist die Geschwindigkeit auf 2550 m annähernd $= \frac{100}{t}$.

Die Flugzeiten, wo solche angegeben (z. B. in den Schußtafeln für Mörser) werden gemessen mittelst der von Boulengé erfundenen sogenannten „Klepsydre", sie können aber auch mit Hilfe der Angaben der Schußtafel – wie im § 12 gezeigt

werden wird – mit ziemlicher Genauigkeit errechnet werden.

In den Schrapnellschußtafeln mußte die Sprenghöhe über dem Erdboden unter Voraussetzung einer bestimmten Zielhöhe angegeben werden. Für letztere ist der Einfachheit wegen das Maß von 2 m angenommen worden. Die Sprenghöhen sind entstanden aus der, für die entsprechende Sprengweite, berechneten Flugbahn-Ordinate, zu welcher 1 m (= halbe Zielhöhe) addiert wurde. Es liegt dem die Annahme zu Grunde, daß die normale Flugbahn des nicht krepierenden Schrapnels das 2 m hohe Ziel auf halber Höhe trifft. Dieser Hinweis scheint geboten für das Beschießen von Zielen hinter Deckungen, wobei die Sprenghöhe in der Regel nach der deckenden Kante beurteilt wird.

Die Sprenghöhe (h) für 50 m Sprengweite kann auch mit Hilfe des Fallwinkels (φ) berechnet werden; es ist nämlich

$$h = 50 \cdot tg\,\varphi + \frac{z}{2},$$

wobei z die Zielhöhe bedeutet. Z. B.

Auf 2000 m und für das schw. Feldschrapnel ist $\varphi = 6\frac{14}{16}°$, mithin wäre die Sprenghöhe $h = 50 \cdot tg\,6\frac{14}{16} + 0{,}5\,m = 50 \cdot 0{,}12 + 0{,}5 = 6{,}5\,m$ (genau wie in der Schußtafel).

Die bestrichenen Räume, über welche die Schußtafeln für Feldgeschütze gleichfalls Angaben enthalten, sind, wie schon oben erwähnt, abhängig von dem Fallwinkel. Man erhält den bestrichenen Raum x für eine Zielhöhe von 1,8 m auf größeren Entfernungen (d. h. wenn der Fallwinkel nicht zu klein ist) aus der Formel

$$x = \frac{1{,}8}{tg\,\varphi}.$$

Die Auflösung geschieht am besten aus einer Winkeltabelle (vgl. § 10, S. 79). Bei sehr kleinen Fallwinkeln (unter 10°) erhält man aber bei Anwendung dieses Verfahrens, bei welchem der letzte Teil der Flugbahn als gerade Linie vorausgesetzt ist, erheblich zu kleine Werte. Setzt man in diesem Fall nun

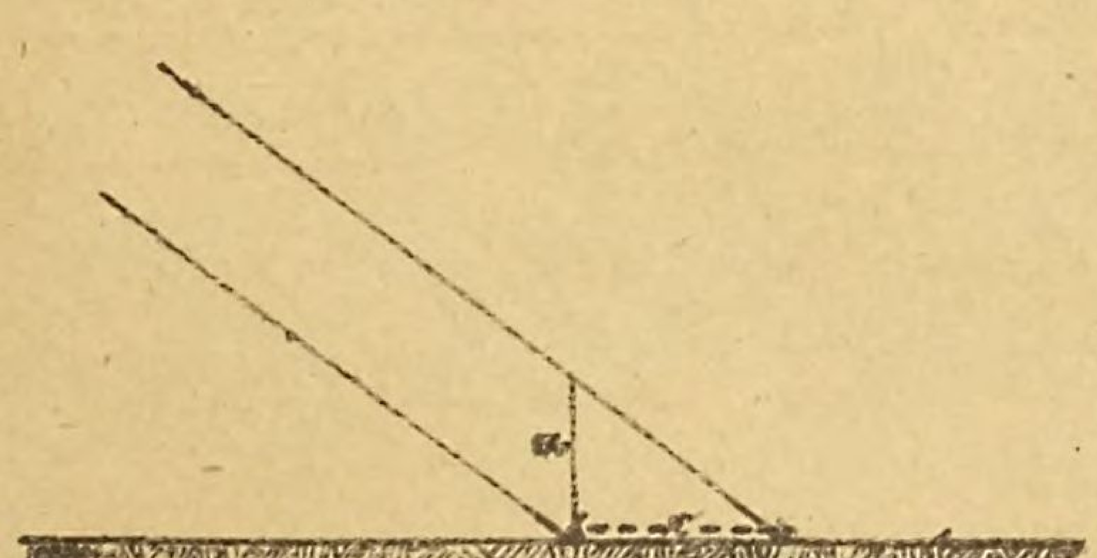
$$tg\,\varphi = \varphi \cdot tg\,1° = \frac{\varphi}{57{,}3},$$ so wird

$$x = \frac{1{,}8 \cdot 57{,}3}{\varphi},$$ wobei φ den Winkel in Graden

bedeutet.
Wird der bestrichene Raum so gross, dass man einen beträchtlichen Fehler machen würde, wenn man die Flugbahn als gerade Linie betrachtet, so muss man die Grösse des bestrichenen Raumes aus einer graphischen Darstellung der Flugbahn ablesen.

Endlich enthalten die Schusstafeln noch Anhaltspunkte für die Korrekturen beim Schiessen, und zwar die Granat-Schusstafel noch 2 Rubriken über den Einfluss, den die Änderung von $\frac{1}{16}°$ am Aufsatz resp. Seitenverschiebung auf die Verlegung des Treffpunktes nach der Höhe resp. Seite hat, und, um wie viel m die Schussweite durch die Änderung der Erhöhung um $\frac{1}{16}°$ verändert wird. Die Verlegung des Treffpunktes durch die Änderung des Aufsatzes von $\frac{1}{16}°$ ist $= w \cdot tg \frac{1}{16}°$, wobei w die Schussweite ist. Die Änderung, welche die Schussweite durch Änderung der Erhöhung um $\frac{1}{16}°$ erfährt, ist entweder aus einer genauen Erhöhungswinkelkurve abzulesen oder leicht zu errechnen. Wird der Treffpunkt durch Änderung des Aufsatzes von $\frac{1}{16}°$ um a nach der Höhe verlegt, und ist φ der Fallwinkel für die Schussweite w, so ist offenbar die gesuchte Änderung in der Schussweite

$$x = \frac{a}{tg\,\varphi}$$



Beispiel:
Welche Änderung der Schussweite bringt $\frac{1}{16}°$ auf 2000 m beim schw. Feldgeschütz hervor?
$a = 2{,}2\,m;\ \varphi = 6\frac{8}{16}°;$
$x = \frac{2{,}2}{tg\,6°30'} = 19{,}3\,m$ (die Schusstafel gibt 20 m an).
Die Zahlen der letzten Rubrik in der Granat-Schusstafel: „Eine Änderung des Aufsatzes um 25 m ändert

"die Sprunghöhe um" werden in der Weise gefunden, daß man aus einer genauen Schußtafelkurve entnimmt, welche Differenz in der Erhöhung notwendig ist, um eine Änderung der Schußweite um 25 m herbeizuführen. Die Tangente dieses Winkels, multipliziert mit der Schußweite, ergibt dann die gesuchte Zahl. Es sind z. B. auf 2000 m beim schw. Feldgeschütz $4\frac{1}{2}'$ Änderung des Aufsatzes nötig, um die Schußweite um 25 m zu verändern:

$2000 \cdot tg\, 4'30'' = 2{,}6$ m (wie die Schußtafel angibt).

Das Maß um welches $\frac{1}{16}^{\circ}$ den Treffpunkt nach der Höhe oder Seite verlegt, findet man auch annähernd genau durch die Gedächtnisregel, daß $\frac{1}{16}^{\circ}$ den Treffpunkt für jede 100 m um etwa 0,1 m verlegt.

Diese Regel ist wie folgt herzuleiten:

Betrachtet man die Länge der Visierlinie als Radius eines Kreises und den Aufsatz, in Bezug auf Erhöhung oder Seitenverschiebung, als Tangente, so kann man bei kleinen Winkeln, selbst bis zu 15°, statt der Tangente auch den Bogen setzen. Es stimmen z. B. Tangente und Bogen bis zu 3° noch in der 4. Dezimalstelle überein und erst bei 4° ergibt sich ein Unterschied von 0,001.

Für die Einteilung des Aufsatzes hat es keine Schwierigkeit, die Länge der Tangente für die verschiedenen Winkel, der Visierlinie entsprechend, zu bestimmen und auf dem Aufsatz anzugeben; es ist daher auch nicht erforderlich, statt der Tangente den Bogen zu setzen.

Für Korrekturen, und wenn es sich um eine annähernd richtige schnelle Ermittlung handelt, ist dies dagegen erwünscht, weil der Bogen proportional dem Winkel wächst, was bei der Tangente nicht der Fall ist.

Man betrachtet dementsprechend die Schußweite (Entfernung) als Radius und das Maß, um welches am Ziel der Treffpunkt nach der Höhe oder Seite zu verlegen ist, als den Bogen eines Kreises.

Der Bogen von 60° oder genauer von 57° 17′ 44″, 81 ($\frac{400}{7} = 57,3$) ist gleich dem Radius = 1, also der Bogen von 1° abgerundet $\frac{1}{60}$ oder $\frac{1}{57,3}$.

Bei einem Winkel von 1° würde daher der dem Ziel entsprechende Bogen $\frac{1}{57,3}$ der Entfernung, bei $\frac{1}{16}$° also $\frac{1}{16 \cdot 57,3}$ = abgerundet $\frac{1}{1000}$ der Entfernung betragen d.h. eine Korrektur von $\frac{1}{16}$° nach der Seite oder Höhe verlegt den Treffpunkt um den tausendsten Teil der Entfernung also auf je 100 m um 0,1 m.

Beispiele:

1.) 1200 m, Anschießscheiben, 5 m im Quadrat, um wie viel ist nach der Höhe zu korrigieren, wenn ein Schuß um 10 m zu kurz ging?

Fallwinkel $\varphi = 3°$; 10 m Länge sind daher = 0,5 m Höhe, nämlich $\frac{3}{57,3}$ oder rund $\frac{3}{60} = \frac{1}{20}$. Die Abweichung von unten am Zielpunkt beträgt demnach 0,5 + 2,5 = 3 m. Die Korrektur muß also betragen: $\frac{3}{1,2} = 2\frac{1}{2}$ Sechzehntel.

2.) 1500 m Artillerie-Scheiben. Um wie viel vergrößert sich die treffbare Fläche der Geschützscheibe (1,8 m hoch) wenn man die treffbare Fläche der Deckscheibe (2,75 m hoch) mit in Betracht zieht? –

Ein dicht über die Geschützscheibe hinweggehendes Geschoß hat sich bei cca 4° Fallwinkel auf 15 m um 1 m gesenkt ($\frac{4}{57,3}$ oder ungefähr $\frac{1}{15}$), auf 6 m, d.i. dem Deckabstand, daher um 0,4 m. Die treffbare Fläche der Geschützscheibe erhöht sich daher um (2,75 – 1,8) (+0,4) = 0,95 + 0,40 = 1,35 m.

3.) Wie groß ist der bestrichene Raum eines 1 m hohen Artilleriezieles auf 1900 m?

Fallwinkel = 6°; ($\frac{6}{57,3} = \frac{1}{10}$) derselbe beträgt also 10 m.

Aus diesen Anwendungen, die sich noch vervielfältigen ließen, ergibt sich die Wichtigkeit der sog. Tangentenzahl 57,3 (oder rund 60) für artilleristische Rechnungen.

Sucht man dieselbe mathematisch abzuleiten, so ergibt sich dieselbe, wie schon oben angedeutet, durch Berechnung der Anzahl Grade jenes Bogens, dessen Länge gleich dem Radius ist; bedeutet

Herleitung der Tangenten-Zahl 57,3.

l = Länge des Bogens

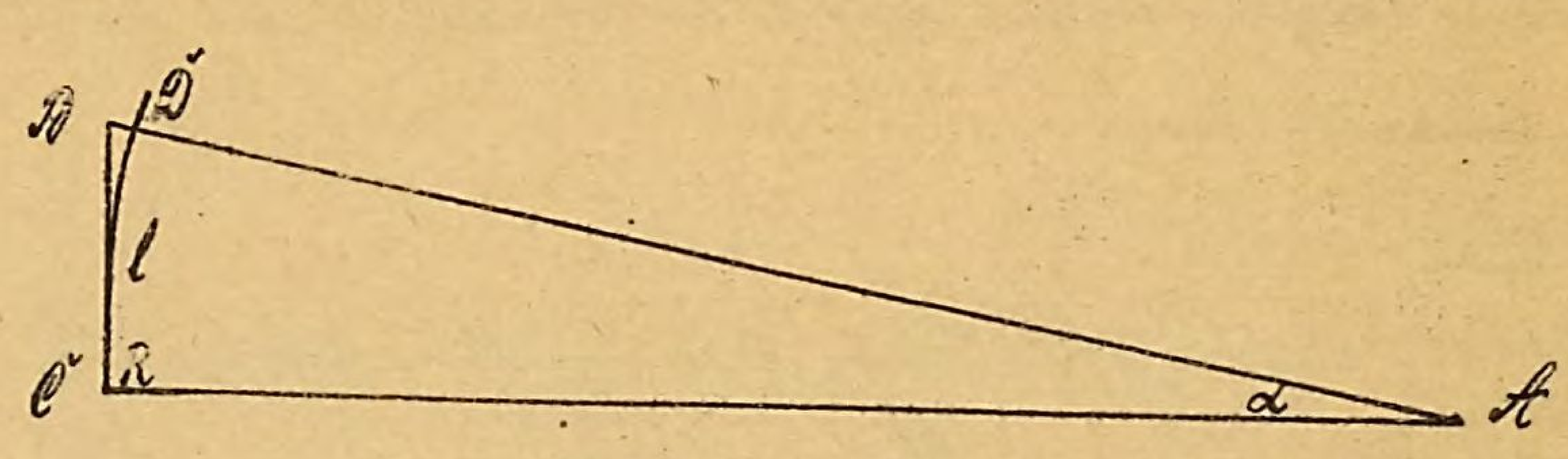
r = Radius

α = Centriwinkel, so ist nach der Geometrie

$$l = \frac{2r\pi.\alpha}{360^\circ};$$

Gesetzt nun, die Bogenlänge soll gleich dem Radius sein (also für $l = r$), geht die Gleichung über in

$$\alpha = \frac{360}{2\pi} = 57{,}3$$



Die Anwendung dieser Zahl beruht nun, wie wir oben gesehen haben, darauf, daß man für die verhältnismäßig kleinen Winkel beim Schießen die bezüglichen Bogenlänge anstatt deren Tangenten setzen darf. Ist nämlich im rechtwinkligen Δ ABC der Winkel α sehr klein, so kann man statt der gegenüberliegenden (kleinen) Kathete $BC = h$ die Länge des zugehörigen Bogens l setzen, zu welchem BC die Tangente ist, ohne einen großen Fehler zu begehen.
Es ist sodann

$$CD = BC = \frac{2\pi.AC.\alpha}{360^\circ} = \frac{AC.\alpha}{57{,}3} \quad \text{oder}$$

$$BC : AC = \alpha : 57{,}3$$

Aus dieser Proportion läßt sich also mittelst der Tangentenzahl das unbekannte Stück eines rechtwinkligen Dreiecks (exkl. Hypothenuse) jederzeit leicht finden, wenn entweder beide Katheten oder 1 Kathete und 1 spitzer Winkel bekannt sind.
Es ist ferner $tg\,\alpha = \frac{1}{57{,}3}$; dies läßt sich auch leicht trigonometrisch beweisen:
Angenommen, es sei $tg\,1^\circ = \frac{1}{57{,}3}$, dann ist auch

$$\log tg\,1^\circ = \log 1 - \log 57{,}3$$
$$= 0 - 1{,}7581546$$
$$= 8{,}2418454 - 10;$$

Dieser log tg 1° entspricht jedoch nach der Logarithmentafel

einen Winkel von 0°59'59,4"; man macht also bei Anwendung dieser Zahl bei 1° einen Fehler von 0,6 Sekd.
Setzt man nun für einen beliebigen ∡ α

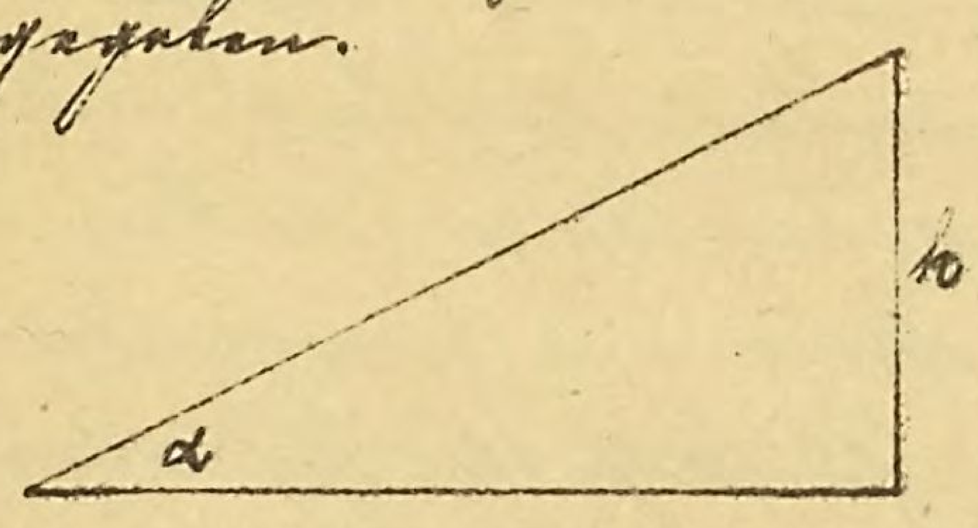
$$tg\,\alpha = \alpha \cdot tg\,1^\circ = \frac{\alpha}{57{,}3},$$

so hat man hiermit die Richtigkeit obiger Behauptung bewiesen, daß man bei kleinen Winkeln ohne erheblichen Fehler statt der Tangenten die entsprechenden Bogenlängen nehmen darf.

§ 10.

Die Winkeltabelle.

Die Winkeltabelle hat den Zweck, die beim Gebrauch der Geschütze vorkommenden Rechnungen zu erleichtern. Sie gibt in Tabellenform die Beziehung an, welche zwischen den beiden Katheten eines rechtwinkligen Dreiecks und dem einer Kathete gegenüberliegenden Winkel besteht. Die eine Kathete ist in der Tabelle als horizontale Entfernung, die andere als Höhe, beide in m, angegeben.



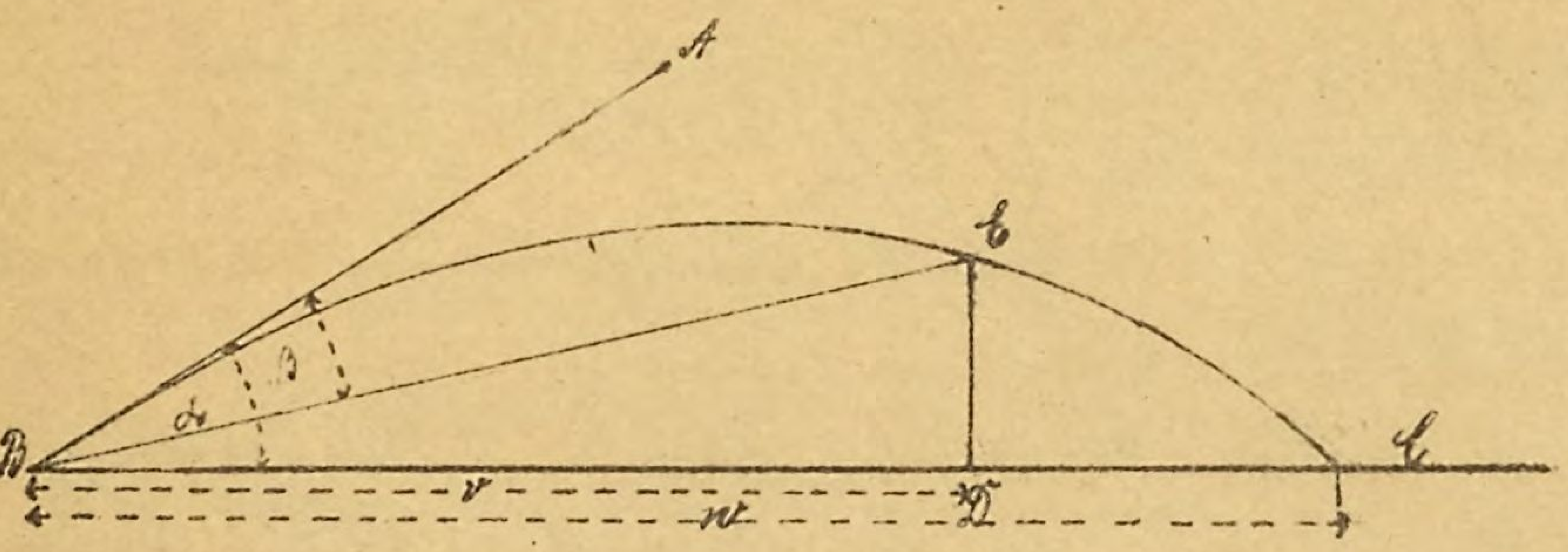
Der, der Kathete h gegenüberliegende Winkel α ist auf Sechzehntel Grad abgerundet, angegeben. Bei Winkeln, kleiner als 1° hat die Abrundung auf halbe Sechzehntel stattgefunden.
Wenn die beiden Katheten bekannt sind, so findet man den der Kathete h gegenüberliegenden Winkel da, wo die zugehörigen beiden Spalten zusammentreffen.
Z. B. Wie groß wird beim indirekten Beschießen der Fallwinkel, wenn der beabsichtigte tiefste Treffpunkt 5 m tiefer liegt als die deckende Kante und der horizont. Abstand letzterer vom Treffpunkt 20 m beträgt?
Auf Seite 2 findet man $14\frac{1}{16}$ Grad.

Ist eine der beiden Katheten und der ∢ α bekannt, so ergibt sich die unbekannte Kathete, wenn man in der Spalte der bekannten Kathete den Winkel aufsucht.
z. B. Nach einer 1000 m entfernten Kuppe ist ein Terrainwinkel von $+\frac{2}{16}°$ gemessen worden, wie hoch liegt die Kuppe über der wagrechten Ebene durch die Geschützmündung?
Sucht man auf Seite 10 der allgemeinen Schußtafel für die horizontale Entfernung 1000 m den Winkel $\frac{2°}{16}$, so findet man denselben in der Vertikalspalte für 2 m; die Kuppe liegt also 2 m höher als die Geschützmündung.
Wenn die eine Kathete größer ist als 25 m oder die andere größer als 4000 m und es soll der entsprechende Winkel gesucht werden, so dividiert man beide Katheten mit einer solchen Zahl, daß die Quotienten in die Winkeltabelle fallen. Der Winkel, welchen diese verkleinerten Zahlen geben, ist der gesuchte.
Soll in einem ähnlichen Fall die Kathete gesucht werden, so sucht man mit Hilfe des gegebenen Winkels und der durch einen Divisor verkleinerten Kathete die andere auf und multipliziert diese mit dem vorher angewandten Divisor.
z. B. Es ist auf 1600 m ein Terrainwinkel von 1° gemessen, wie groß ist der Höhenunterschied zwischen Mündung und Ziel?
Der größte für 1600 m Entfernung in der Winkeltabelle angegebene Winkel beträgt $14\frac{1}{2}$ Sechzehntel-Grad, die gesuchte Kathete liegt also nicht mehr in den Grenzen der Tabelle. Man dividiert dann 1600 z. B. durch 2, findet für 800 m und den Winkel 1° die Kathete 14 m, so ist der gesuchte Höhenunterschied 2 . 14 = 28 m.

§ 11.

Berechnung der Ordinaten und graphische Darstellung der Flugbahn.

Mit Hilfe der aus der Elevationswinkelreihe resp. Erhöhungskurve entnommenen Angaben ist man im Stande, die Flughöhe oder Ordinate d. h. den senkrechten Abstand des Geschosses über dem Horizont der Geschützmündung in jedem beliebigen Punkte seiner Flugbahn zu berechnen.
Gesetzt man habe mit dem Erhöhungswinkel $ABC = \alpha$ die Schussweite w erreicht und es handle sich darum, für die Entfernung $BD = r$ die zugehörige Ordinate oder Flughöhe DE zu finden.



Aus der Fig. folgt unmittelbar, dass

$$ED = r \cdot tg\, EBD = r \cdot tg(\alpha - \beta).$$

Nun ist aber β nichts anderes als der Erhöhungswinkel für die Entfernung BE, welche man bei der Kleinheit des Winkels $EBD = \alpha - \beta$ gleich r setzen darf. (Streng genommen ist $r = EB \cdot \cos(\alpha - \beta)$ oder $EB = \frac{r}{\cos(\alpha - \beta)}$ und $ED = BE \cdot \sin(\alpha - \beta) = \frac{r \cdot \sin(\alpha - \beta)}{\cos(\alpha - \beta)}$; bei Winkeln bis zu 10°, und um solche handelt es sich bei der Flugbahn von Kanonen mit grosser Anfangsgeschwindigkeit bis zu Schussweiten von 1500 m, ist $\cos(\alpha - \beta) = 1$ zu setzen). Es ist mithin die Ordinate oder die Flughöhe

$$ED = r \cdot tg(\alpha - \beta).$$

In der Schusstafel sind α und β in $\frac{1}{16}$° gegeben, wenn

es nicht auf große Genauigkeit ankommt, genügt das vollkommen, und es ist dann, da die Tangenten kleiner Winkel den Winkeln selbst proportional sind,

$$ED = (\alpha - \beta) \cdot v \cdot tg \tfrac{1}{16}^{\circ},$$

wobei $v \cdot tg \frac{1}{16}^{\circ}$ sich in der Schußtafel bereits ausgerechnet findet in der Rubrik: „$\frac{1}{16}$ verlegt den Treffpunkt nach der Höhe bezw. Seite um“.....

Die praktische Regel zur Berechnung der Höhe irgend eines Punktes der Flugbahn lautet also: „Man multipliziere die Differenz der Erhöhungswinkel für die ganze Schußweite und die Teilstrecke, auf welcher die Flughöhe ermittelt werden soll (in $\frac{1}{16}^{\circ}$) mit dem Maß, um das $\frac{1}{16}^{\circ}$ auf der betr. Teilstrecke den Treffpunkt nach der Höhe verlegt.“

Beispiel: Man schießt mit der 15 cm Ringkanone auf 2000 m; wie groß ist die Flughöhe auf 1500 m?

$v = 1500$ m; $\alpha = 4\frac{2}{16}^{\circ}$; $\beta = 2\frac{14}{16}^{\circ}$;

$\alpha - \beta = 4\frac{2}{16} - 2\frac{14}{16}^{\circ} = 1\frac{4}{16}^{\circ} = 20$ Sechzehntel Grad;

$y = 20 \cdot 1500 \cdot tg \frac{1}{16}^{\circ}$;

$\frac{1}{16}^{\circ}$ verlegt den Treffpunkt auf 1500 m um 4,2 m, also

$y = 20 \cdot 4{,}2 = 84$ m;

Eine andere genauere, aber minder praktische Methode, die Ordinaten der Flugbahn aus den Angaben der Schußtafel zu berechnen ist im § 4, Ziff. 3 angegeben.

Will man die Flugbahn graphisch darstellen, so sind die Ordinaten auf mehreren Entfernungen zu berechnen, die so gefundenen Punkte der Flugbahn mit Hilfe von Gitterbogen festzulegen und unter Zuhilfenahme biegsamer Kurvenlineals zu verbinden.

Aufgabe: Es sind die Ordinaten der Flugbahn d. schw. Feldgranate auf 2000 m für den luftleeren, wie lufterfüllten Raum von 100 zu 100 m zu berechnen und die Flugbahnkurven aus den erhaltenen Resultaten zu zeichnen. —

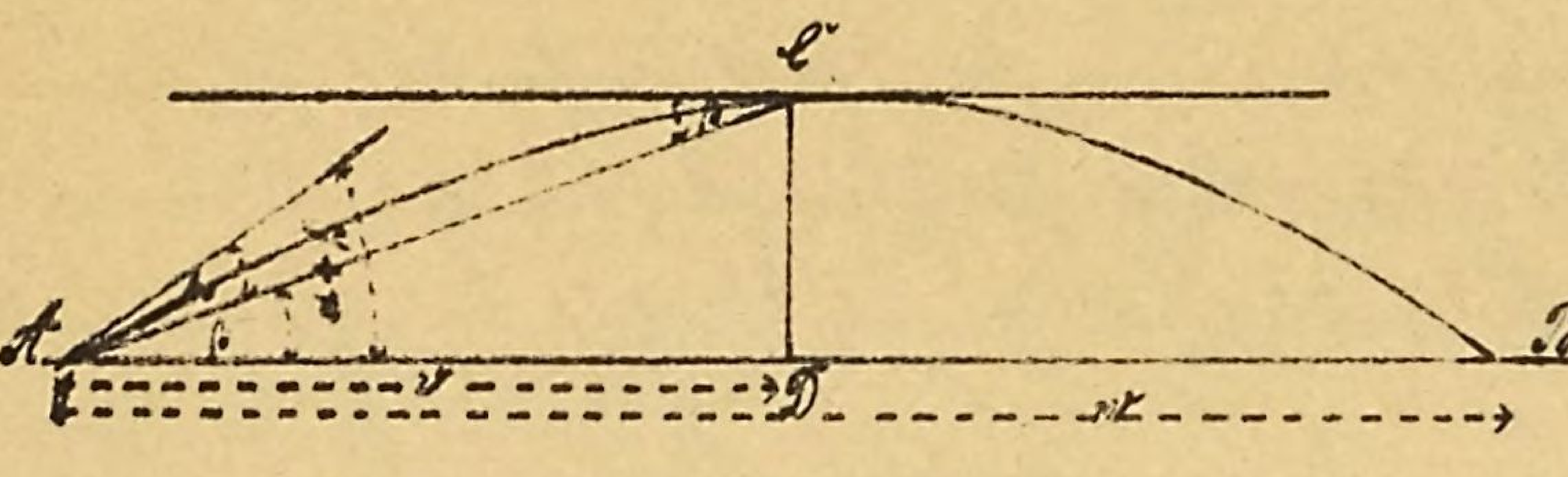
Da die Flugbahn, wie oben gezeigt, eine doppelt gekrümmte Kurve ist, so ist die Horizontalprojektion

derselben ebenfalls eine Kurve, die sich durch Berechnung der konstanten Seitenabweichungen auf den verschiedenen Entfernungen ebenfalls leicht darstellen läßt. Bezeichnet γ die Seitenverschiebung für die Entfernung v, so ist die Derivation oder konstante Seitenabweichung auf der betr. Entfernung $v \cdot tg\,\gamma$ (Schßl. 56, Ziff. 5.).

§ 12.

Bestimmung des Scheitels der Flugbahn und der Flugzeit.

Die Tangente an den Scheitel oder Kulminationspunkt der Flugbahn ist horizontal, also parallel der Grundlinie.



$AD = v$ (Abszisse des Scheitels); $AB = w$ (Schußweite);
α = Erhöhungswinkel für die Entfernung v;
β = Fallwinkel für die Entfernung v;
$\alpha + \beta$ = Erhöhungswinkel für die Schußweite w.

Aus der Figur geht schon hervor, daß der Scheitel einer Flugbahn für die Schußweite w auf jener Entfernung v liegt, bei welcher die Summe von Erhöhungs- und Fallwinkel gleich ist dem Erhöhungswinkel für die ganze Schußweite.

Nach der Schußtafel für schw. Feldgeschütze C/73 würde z. B. der Scheitel der Flugbahn auf 2000 m zwischen 1000 und 1100 m liegen, denn die Erhöhung für die Schußweite von 2000 m beträgt $4\frac{2}{16}°$, die Summe der Erhöhungs- und Fallwinkel dagegen auf

1000 m $1\frac{10}{16} + 2\frac{4}{16} = 3\frac{14}{16}°$;
1100 m $1\frac{13}{16} + 2\frac{9}{16} = 4\frac{6}{16}°$;

also wahrscheinlich auf 1050 m.

Die zu dieser Entfernung passende Flughöhe ist die

Höhe des Scheitels und ergibt sich nach S. 11 zu
$1050 \cdot tg(4^\circ 8\frac{1}{2}' - 1^\circ 42\frac{1}{2}') = 1050 \cdot tg\, 2^\circ 26' = 44,62\, m$;
Beim Infanterie-Gewehr M/71 liegt der Kulminationspunkt z. B. für die Entfernung 1600 m auf ungefähr 900 m. Denn die Erhöhung für 1600 m beträgt nach der Beilage 9 3. zur Schieß-Instruktion für die k. b. Infanterie z. J. 7°7'44"; die Erhöhung für 900 m 2°49'12", der Fallwinkel auf 900 m = 4°14'16", zusammen also 7°3'28".
Bei der schw. Feldkanone C/73 liegt der Scheitel für 1600 m Entfernung auf 830 m; denn

Erhöhungswinkel für 1600 m = 3°;
" " 830 m = $1\frac{4}{16}$°
Fallwinkel " 830 m = $1\frac{12}{16}$° } $1\frac{4}{16} + 1\frac{12}{16} = 3°$.

Die Flugzeit läßt sich nun leicht berechnen, wenn man die Scheitelhöhe kennt. Ist nämlich t die halbe Flugzeit, h die Scheitelhöhe, so ist

$$h = \frac{1}{2} g t^2, \text{ also } t = \sqrt{\frac{2h}{g}};$$

die ganze Flugzeit T beträgt demnach

$$T = 2\sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{8h}{g}}.$$

In dem obigen Beispiel (schw. Feldgranate auf 2000 m) ist also die Flugzeit $T = \sqrt{\frac{8 \cdot 44,62}{9,81}} = 6,03''$. (Die Schußtafel gibt 6,1" an. Der Unterschied beträgt somit 0,07". Gesetzt, die Granaten wären mit einem Brennzünder zu versehen, der im Moment, wo die Granate aufschlägt, die Sprengladung entzünden sollte, so würde die Granate, wenn die berechnete statt der gemessenen Flugzeit zu Grunde gelegt würde, um 0,07" oder da die Endgeschwindigkeit auf 2000 m = 264 m beträgt, um cca 16,5 m zu früh krepieren.)

§ 13.

Gebrauch der Schußtafeln beim indirekten Schuß.

Im Belagerungskriege kommt es häufig darauf an, Ziele zu beschießen, welche hinter Deckungen liegen und

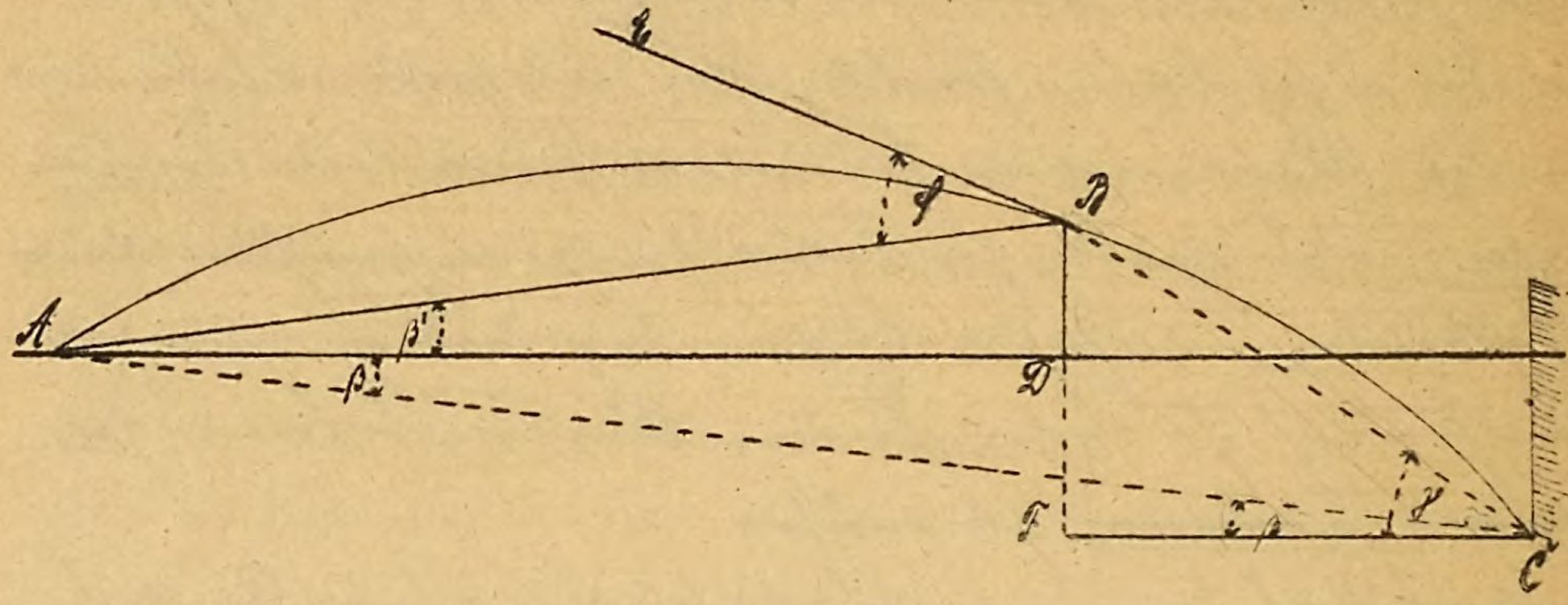
von der eigenen Batterie aus nicht sichtbar sind. Diese Aufgabe tritt häufig beim förmlichen Angriff einer Festung hervor, wobei es sich darum handelt, schon aus größerer Entfernung in die Eskarpenmauer des angegriffenen Werkes *Bresche zu legen*, oder gewisse zur Verteidigung eingerichtete Mauer-Hohlbauten, welche die Erstürmung und Behauptung der Bresche durch ihr Feuer hindern könnten, teilweise zerstören *(demolieren)* zu müssen.

Die Schußart, deren man sich zur Erreichung dieser Zwecke bedient, heißt der „*indirekte Schuß*". Hiebei muß die Lage des beabsichtigten Treffpunktes zu der deckenden Krete als bekannt vorausgesetzt werden. Die zu lösende Aufgabe besteht in der Regel darin, diejenige Ladung und Erhöhung aufzufinden, welche bewirkt, daß das über die deckende Krete eben hinweggehende Geschoß den tiefsten Punkt erreicht. Es muß also mit anderen Worten eine Flugbahn aufgefunden werden, welche durch 3 ganz bestimmte Punkte geht, nämlich: die Geschützmündung, die deckende Krete und den tiefsten Punkt.

In Rücksicht auf die Treffähigkeit und Geschoßwirkung bedingt hiebei meistens, daß man der Flugbahn des Geschosses eine möglichst flache Gestalt gibt, d. h. daß man mit möglichst starker Ladung schießt, um bei der möglichst geringen Streuung der Geschosse den günstigsten Auftreffwinkel und nicht zu geringe Endgeschwindigkeit und somit lebendige Kraft der Geschosse zu erzielen. Um die hiezu erforderlichen, für die verschiedenartigsten Fälle, verschiedenartig gekrümmten Flugbahnen zu schaffen, sind für die in Betrachtung kommenden Geschütze verschiedenen Ladungen angenommen und in den zugehörigen Schußtafeln neben den übrigen notwendigen Angaben auch die Endgeschwindigkeiten für die entsprechenden Entfernungen zu finden.

Für ein bestimmtes Geschütz kann es alsdann nur *eine* Flugbahn geben, welche den oben aufgestellten Bedingungen entspricht. In nebenstehender Figur werde durch A die Geschützmündung, durch B die deckende Krete und durch C der beabsichtigte tiefste Treffpunkt

bezeichnet.



Bekannt sind CF und BF, also auch der Winkel γ = BCF (aus der Winkeltabelle zu entnehmen); ferner sind als bekannt vorausgesetzt: die Entfernung AD vom Geschütz bis zur deckenden Krete, für welche man ohne bemerkbaren Fehler auch AB setzen kann, und endlich der Terrainwinkel sowohl nach der deckenden Krete ∢ BAD = β', als auch der Terrainwinkel nach dem tiefsten Treffpunkt ∢ CAD = β. Wird in dem Punkte B an die Flugbahn, die man sich zu diesem Zwecke als Kreislinie denkt, eine Tangente BE gelegt, so muss der ∢ ABE = φ eine ganz bestimmte Grösse haben. Umgekehrt muss die Flugbahn die richtige Krümmung besitzen, wenn der Winkel φ diese bestimmte Grösse erhält. Nimmt man AB = AD so ist φ = dem Fallwinkel, den man erhält, wenn man mit der als richtig ermittelten Ladung auf der Entfernung AD schiesst.

Damit verwandelt sich die ganze Aufgabe dahin, dass man gegen die Krete der Deckung schiesst und die Ladung so wählt, dass man auf der Entfernung der Krete vom Geschütz einen Fallwinkel von bestimmter Grösse erhält.

Wie gross dieser Fallwinkel φ sein muss, ergibt sich aus folgenden Daten:

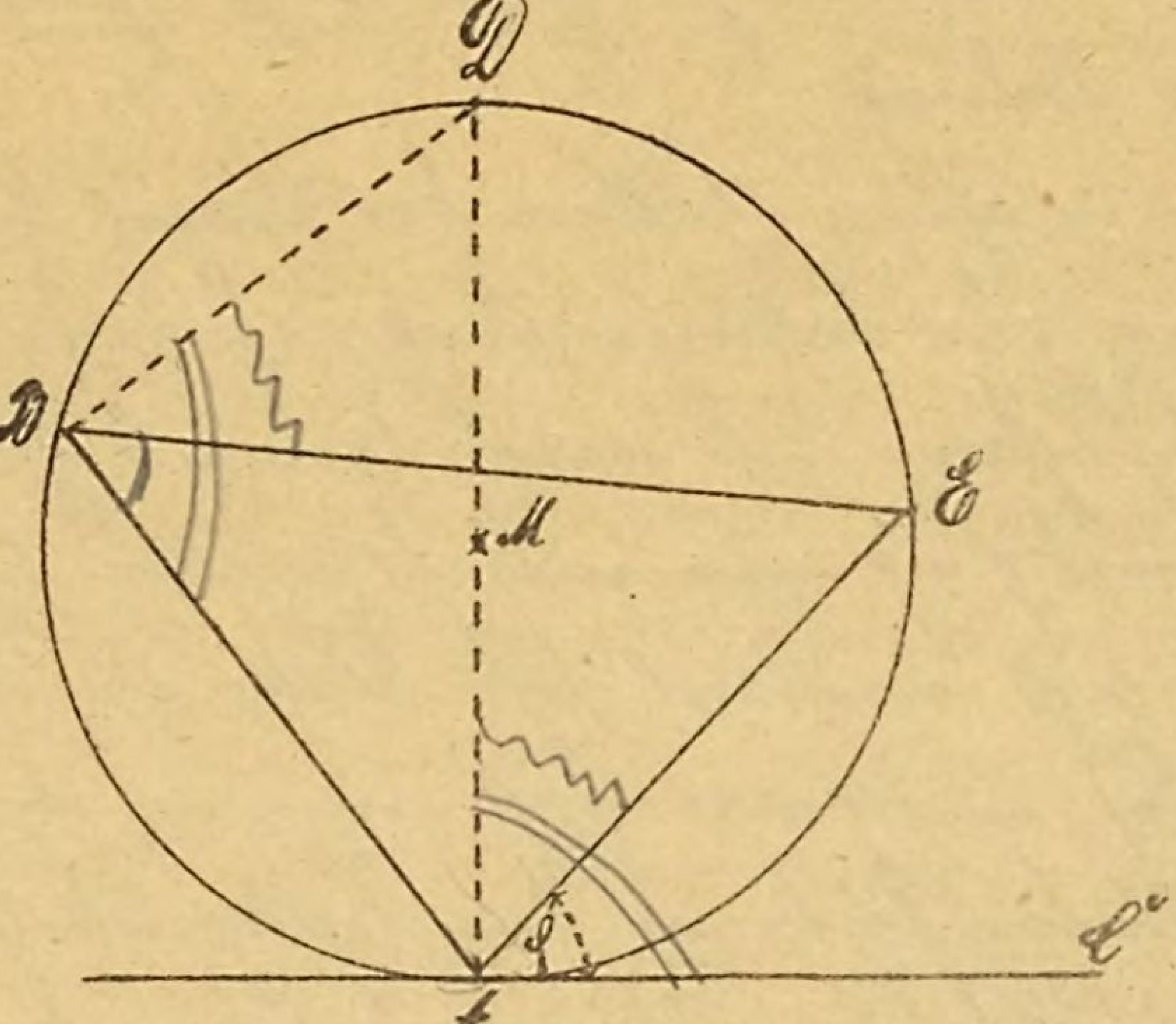
$\varphi = \gamma - \beta$, wenn C unter dem Horizont der Geschützmündung liegt.

$\varphi = \gamma + \beta$, wenn C über dem Horizont der Geschützmündung liegt.

Beweis: Angenommen die Flugbahn ABC sei ein Kreisbogen und alle in der Figur

vorkommenden Linien und Punkte liegen in der Ebene dieses Kreisbogens.

Nach dem Satze: „der Winkel, welchen die Tangente an den Kreis mit einer vom Berührungspunkte ausgehenden Sehne bildet, ist gleich jedem Peripheriewinkel, welcher auf dem zwischen den Schenkeln des ersteren Winkels liegenden Bogen steht", geht unmittelbar hervor, daß $\varphi = \gamma \pm \beta$ ist.



Behauptg. $\sphericalangle EAC = \varphi = \sphericalangle ABE$;

Bew. 1.) Vorausgesetzt, daß $\sphericalangle \varphi$ spitz ist, ziehe man den Durchmesser AD und verbinde B mit D; dann ist
$\sphericalangle CAD = ABD$ (weil jeder $= R$);
$\sphericalangle DAE = DBE$ (als Peripheriewinkel auf gleichem Bogen; subtrahiert man beide Gleichungen, so erhält man $\sphericalangle CAD - \sphericalangle DAE = \sphericalangle ABD - \sphericalangle DBE$
oder $\sphericalangle EAC = \sphericalangle ABE$, w. z. b. w.

2.) Wenn $\sphericalangle EAC = R$, dann ist AE Durchmesser, also auch $\sphericalangle ABE = R$.

3.) Ist $\sphericalangle EAC$ stumpf, so gilt der selbe geführte Beweis, nur muß man addieren, statt zu subtrahieren.

Wendet man nun diesen so eben bewiesenen Satz wieder auf die erstere Fig. für den indirekten Schuß an, so ergibt sich, daß $\sphericalangle EBA = \varphi = \sphericalangle ACB$ ist; nun ist aber $\sphericalangle ACB = \sphericalangle BCF - \sphericalangle ACF = \gamma - \beta$, folglich $\varphi = \gamma - \beta$;

Liegt der tiefste Treffpunkt C höher als die Geschützmündung, so ist aus demselben Grunde $\varphi = \gamma + \beta$, w. z. b. w.

Liegt der Punkt C im Horizont der Geschützmündung A, so ist $\beta = 0$ und somit $\varphi = \gamma$.

In der Schußtafel sucht man nun bei dem Geschütz, welches verwendet werden soll, diejenige Ladung auf, welche auf der Entfernung AD d. i. der Entfernung der Krete vom Geschütz den Fallwinkel φ hat; mit dieser Ladung schießt man gegen die Krete. Ist der Fallwinkel φ bei keiner Ladung in der Schußtafel genau zutreffend, so nimmt man die zu dem nächst größeren Fallwinkel gehörige Ladung.

In den meisten Fällen der Praxis kann man das Verfahren zur Bestimmung der Ladung noch dadurch vereinfachen, daß man den $\sphericalangle \beta$ gänzlich vernachlässigt und $\varphi = \gamma$ nimmt. Es erklärt sich dies dadurch, daß der $\sphericalangle \beta$ meistens sehr klein ist (wenige Sechzehntel Grade), und zwar fast immer erheblich kleiner, als die Unterschiede in den Fallwinkeln, welche zwei in den Schußtafeln aufeinanderfolgenden Ladungen desselben Geschützes auf gleichen Entfernungen aufweisen.

Beispiel: Der tiefste Treffpunkt liege 7 m tiefer, als die deckende Krete, der horizontale Abstand beider Punkte (CF) betrage 25 m; die Entfernung der Batterie von der deckenden Krete (AD = AB) sei 1500 m und die Messung des Terrainwinkels nach letzterer (β') habe $2\frac{1}{2}$ sechzehntel Grad ergeben. Es liegt dann (nach der Winkeltabelle 1500 m $\frac{2\frac{1}{2}}{16}$) die deckende Krete 4 m höher als die Geschützmündung und demnach der tiefste Treffpunkt um 3 m tiefer als die Geschützmündung.

Hieraus folgt, daß der Terrainwinkel nach dem tiefsten Treffpunkt (β) = $\frac{2}{16}$° ist (Winkeltabelle 1525 m und 3 m). Der Winkel γ ergibt sich aus der Winkeltabelle für 25 m und 7 m zu $15\frac{10}{16}$°; es ist demnach der $\sphericalangle \varphi$ = $15\frac{10}{16} - \frac{2}{16} = 15\frac{8}{16}$ Grad.

Die kurze 15 cm Kanone ergibt auf der Entfernung 1500 m bei 0,9 kg einen Fallwinkel von $15\frac{5}{16}$°, bei 0,85 kg einen solchen von $16\frac{2}{16}$ Grad.

Man wählt in diesen Fällen, wo der gesuchte Fallwinkel in der Schußtafel nicht genau enthalten ist, diejenige Ladung, welche den nächst größeren Fallwinkel ergibt, um den tiefsten Treffpunkt zu erreichen, hier also 0,85 kg. Da die Endgeschwindigkeit bei der k. 15 cm Kanone beim Beschuß von Mauerwerk und nahezu rechtwinkligem Auftreffen nicht unter 160 m betragen soll (s. Schießregeln für die Fuß-Artillerie, S. 19.), dieselbe aber auf der erwähnten Entfernung u. gewählten Ladung noch 161 m beträgt, so ist die Wahl der Ladung von 0,85 kg auch von diesem Gesichtspunkte aus gerechtfertigt.
Bei Berücksichtigung des Terrainwinkels β' wird $\varphi = \gamma = 15\frac{10}{16}°$; bei Annahme dieses Winkels kommt man zu derselben Ladung von 0,85 kg. Es erübrigt nur das Hinweisen, daß beim Beginn des Schießens, sofern die Erhöhung mit dem Quadranten genommen wird, der Terrainwinkel nach der deckenden Krete (β') zu berücksichtigen ist. Es wird also im vorstehenden Beispiel die Erhöhung (Quadrant) von $14^9 + 0^{2\frac{1}{2}} = 14^{11\frac{1}{2}}$ Gradsechzehntel.
<u>Aufgabe:</u> Es soll eine 900 m vom Geschütz entfernte Kasernen-Caponiere, welche 75 m hinter der deckenden Glaciskrete liegt, mit der 12 cm Bronzekanone K/73 demoliert werden; der tiefste Treffpunkt liegt 5 m, die Geschützmündung 4 m unter der deckenden Krete.
(: AB = AD = 900 m, CF = 75 m, DF = 5 m; $\beta = \frac{1}{16}°$; $\beta' = \frac{5}{16}°$; 4
$\gamma = 3\frac{13}{16}°$; $\varphi = \gamma - \beta = 3\frac{12}{16}°$.) Ldg 1,1. —

eigentl. 975, wenn AB = 900 m —

§ 14

Die Geschoßgeschwindigkeiten.

Schon im § 5 sind mehrere Tabellen angegeben, welche den Einfluß des Luftwiderstandes, der Querschnittsbelastung etc. auf die Geschoßgeschwindigkeit darlegen sollen. Aus dem Vergleich dieser Zahlen, sowie aus den übrigen, nicht speziell angeführten Angaben der Schußtafeln ergeben sich folgende Thatsachen:
<u>A. Die Anfangsgeschwindigkeiten nehmen annähernd in demselben Verhältnis, wie die Ladungsquotienten zu.</u>

(Vgl. § 2, Ziffer 3).
Die in dieser Beziehung vorhandenen Widersprüche finden ihre Erklärung zunächst darin, dass die verschiedenen Geschütze (auch die für ziemlich gleich grosse Ladungsquotienten construirten) in den Verhältnissen ihrer inneren Einrichtungen nicht übereinstimmen und verschiedene Geschossarten aus denselben Rohren zur Verwendung kommen. Einen erheblichen Einfluss äussert hier die Grösse des Verbrennungsraumes d. h. desjenigen Teils des Ladungsraumes, welcher zur Aufnahme der Kartusche übrig bleibt, nachdem das Geschoss eingesetzt ist.
Die Anfangsgeschwindigkeit des Geschosses wird (bei gleichem Ladungsquotienten) um so grösser, je kleiner der Verbrennungsraum.
Beispiel: Bei der 12 cm Bronzekanone K/73 ist der Ladungsquotient für die 12 cm Granate $\frac{1}{9,07}$, für die Granate K/73 $\frac{1}{10,1}$; es müsste also die Anfangsgeschwindigkeit der Granate grösser sein, als die der Langgranate. Die Sache ist aber thatsächlich umgekehrt, weil das Verhältnis der Grösse des Verbrennungsraumes zu demjenigen der Ladung der Granate K/73 ein erheblich grösseres ist (1870 bezw. 2240 cbcm Verbrennungsraum per kg Ladung). Die Granate K/73 ist von der vorderen Wulst bis zum Boden länger, füllt also auch einen grösseren Teil des Ladungsraumes aus, als die 12 cm Granate.
Von Bedeutung ist ferner die Länge des gezogenen Teils der Seele; ein grosser Ladungsquotient bedingt auch eine verhältnismässig grosse Länge des gezogenen Teils der Rohrseele, falls die Pulverkraft richtig verwertet werden soll.
Endlich darf das Gesetz, dass die Anfangsgeschwindigkeiten sich annähernd verhalten wie die Ladungsquotienten, nicht in gleicher Weise gleichzeitig bei kleinen und grossen Kalibern zur Anwendung kommen. Z. B. das leichte Feldgeschütz hat beim Granatschuss einen grösseren Ladungsquotienten und engeren Verbrennungsraum ($\frac{1}{4,06}$ bezw. 1240 cbcm) als die lange 15 cm Kanone beim Hartguss-Granatschuss; dennoch ist die

Anfangsgeschwindigkeit bei letzterem um 30 m größer.
Diese Erscheinung hat ihren Hauptgrund in der Verschiedenartigkeit der zur Verwendung kommenden Pulversorten.
__B. Der Luftwiderstand ist bei beiden Geschossen um so größer, je größer die Geschoßgeschwindigkeit.__
__Beispiele:__
1) Die 15 cm Granaten C/72 erleiden von 0–500 m aus der Ringkanone mit 435 m Anfangsgeschwindigkeit einen Geschwindigkeitsverlust von 64 m, dieselben Geschosse aus dem 15 cm Mörser mit 0,3 kg Ladung bei 95 m Anfangsgeschwindigkeit nur einen solchen von 4 m.
2) bei Geschützen, welche dieselben Geschosse mit verschiedenen Ladungen schießen, ist die Differenz zwischen der Anfangsgeschwindigkeit und der Geschwindigkeit auf 100 m um so größer, je größer die Ladung; z. B. beträgt dieselbe bei der 12 cm br. K. C/73 und Granaten bei 1,6 kg Ladung 6 m, bei 0,5 kg 2 m.
3) Ebenso wird die Geschwindigkeitsabnahme eines Geschosses von 100 zu 100 m um so kleiner, je größer die Schußweite, d. h. je geringer die Geschoßgeschwindigkeit an den betr. Punkten, z. B. leichtes Feldgeschütz: Differenz der Geschwindigkeit von 100 bis 200 m = 18 m, von 4000 – 4100 m = 1 m. 20 M

Aus diesen Zahlen läßt sich ferner ersehen, daß der Luftwiderstand nicht im einfachen Verhältnis der Geschwindigkeit, sondern in einem weit größeren (mindestens dem Quadrat derselben) wächst.
__Diejenigen Geschosse überwinden den Luftwiderstand besser__, welche auf das Quadratmaß des Durchschnitts ein größeres Gewicht haben d. h. __deren Querschnittsbelastung die größere ist__. z. B.
Die 21 cm Hartgußgranate hat auf 500 m annähernd dieselbe Geschwindigkeit, wie die 15 cm Hartguß-Granate aus der Ringkanone an der Mündung (417 resp. 420 m). Auf den hierauf folgenden 500 m (also 500 – 1000 m bezw. von 0 – 500 m) verliert erstere nur 26 m, letztere aber 39 m an Geschwindigkeit. Beide Geschosse sind ihrer äußeren Form ganz gleich.

artig konstruiert, es beträgt aber die Durchschnittsbelastung des ersteren 0,286, des letzteren 0,203 kg.

Daß, wie aus den Zahlen der Schußtafel ersichtlich, die Hartgußgranaten den Luftwiderstand so erheblich besser überwinden, wie die Langgranaten gleichen Kalibers, ist hauptsächlich eine Folge ihrer größeren Durchschnittsbelastung und nur zum kleineren Teil eine Folge der zur Überwindung des Luftwiderstandes besser geformten Geschoßspitze.

Bei gleicher Konstruktionsart der Geschosse wird die Durchschnittsbelastung um so günstiger (größer), je größer das Kaliber. Es ist dies der Grund, weshalb, bei sonst gleichen Verhältnissen, die großen Kaliber größere Schußweiten erreichen, als die kleinen.

Bei den *Schrapnels* gestalten sich die Geschwindigkeitsverhältnisse ähnlich, wie bei den Granaten.

Ihre Anfangsgeschwindigkeiten sind durchweg geringer, als diejenigen der Granaten, mit welchen sie in der äußeren Form übereinstimmen, weil die Ladungsquotienten, infolge des größeren Geschoßgewichts, kleiner sind. Die Geschwindigkeits*abnahme* ist bei den Schrapnels günstiger (kleiner), weil ihre Durchschnittsbelastung eine größere ist. Für die einzelnen Schrapnelkugeln ist die letztere aber sehr gering (bei den Hartbleikugeln nur 0,011 kg, den Infanteriekugeln 0,013 kg), ihre Geschwindigkeitsabnahme ist daher eine sehr bedeutende und deshalb auch die Flugweite der einzelnen Kugeln vom Sprengpunkt ab eine beschränkte. Dieser Umstand macht es zur Bedingung für einen brauchbaren Schrapnelschuß, daß die Geschwindigkeit des Geschosses am Sprengpunkte groß sein muß; es kommen deshalb bei dieser Schußart nur die stärksten Ladungen zur Anwendung.

Dasselbe gilt für den *Kartätschschuß*.

§ 15.

Folgerungen aus den Angaben der Schußtafeln.

In den bisher erwähnten Angaben der Schußtafeln liegt die praktische Bestätigung der für die Flugbahnen der Geschosse aufgestellten Gesetze. Entscheidend für die Gestaltung der Flugbahn sind: die Anfangsgeschwindigkeit und der Erhöhungswinkel. Je größer die erstere, um so flacher ist bei sonst gleichen Bedingungen die Gestalt der Bahn; je größer bei gleicher Anfangsgeschwindigkeit die Erhöhung, um so größer die Schußweite und der Fallwinkel. Große Anfangsgeschwindigkeiten (oder große Ladungsquotienten) ergeben am Ziel große bestrichene Räume und eine große Durchschlagskraft der Geschosse; das Umgekehrte findet bei kleinen Ladungsquotienten statt.

Die Verschiedenartigkeit der vorkommenden Ziele, gegen welche, und der Entfernungen, auf welche man schießen muß, sind entscheidend dafür, ob man dem einen oder dem anderen der genannten Hauptfaktoren Rechnung zu tragen hat. Senkrechte Ziele erfordern die Anwendung flacher Flugbahnen. Ziele hinter Deckungen sind nur mehr bei mehr oder minder stark gekrümmten Flugbahnen zu treffen.

Alle diese Zwecke mit ein und demselben Rohr zu erreichen, ist nicht angängig mit Rücksicht auf die Treffähigkeit, die Beweglichkeit und die Ökonomie. Große Anfangsgeschwindigkeiten bedingen die Anwendung langer, stark konstruierter, und verhältnismäßig schwerer Rohre. Auch solche lassen sich auch durch Anwendung kleiner Ladungen bis zu gewissen Grenzen gekrümmterer Flugbahnen mit Vorteil erzielen, über diese Grenzen hinaus wird aber die Treffähigkeit zu gering.

Wollte man außerdem derartige Rohre auch für die Erzielung der größten erforderlichen Fallwinkel verwenden, so müßte man ihnen durch entsprechende Laffetierung die nötige Elevationsfähigkeit geben und damit kostspielige, schwer zu bewegende und zu handhabende Maschinen schaffen. Daher die Notwendigkeit verschiedener Geschützarten: Kanonen, kurze Kanonen und Mörser.

In unseren Grenzen kommen bei einer großen Anzahl von Rohrklassen der Festungs- und Belagerungsartillerie verschieden große Kaliber zur Anwendung.

Die Benützung verschieden großer Geschützkaliber ist bedingt durch die Rücksicht auf die Geschoßwirkung, die Beweglichkeit und die Ökonomie. Die Wirkung verlangt große Geschosse in denjenigen Fällen, wo es sich um das Zerstören fester Ziele handelt; die Anforderungen an die Beweglichkeit und die ökonomischen Verhältnisse zwingen dazu, leichtere Geschütze und Geschosse für diejenigen Fälle zu benützen, in welchen der Zweck des Kampfes mit diesen in genügender Weise erreicht werden kann.

Was die Verwendung der verschiedenen Geschoßarten betrifft, so ist für diese die Rücksicht auf die Geschoßwirkung allein maßgebend. Auf der Anwendung des Granatschusses beruhen die Grundbedingungen für die Konstruktion der verschiedenen Geschütze.

Als Hauptresultat aus der Betrachtung der Schußtafeln gezogener Geschütze ergibt sich die Folgerung, daß die gezogenen Geschosse eine bedeutend größere Schußweite, als die sogar mit größerer Anfangsgeschwindigkeit abgeschossenen Rundkugeln der glatten Geschütze und bedeutend größere Treffähigkeit haben müssen. Diese Eigenschaften gehen hauptsächlich hervor aus:

1., der nur wenig oder sehr regelmäßig von der Richtung der Seelenachse abweichenden Abgangsrichtung der Geschosse;

2.) der besseren Überwindung des Luftwiderstandes infolge

der durch große Winkelgeschwindigkeit herbeigeführten Stabilität der Drehachse;

4.) aus dem Auftreten des Luftwiderstandes zur Hebung der Geschoßspitze, aus welchem eine Neigung der letzteren zur Bahntangente resultirt und wodurch es herbeigeführt wird, daß das Geschoß stets in der günstigsten Weise, d.h. mit der Spitze voran, die Luft durchschneidet.

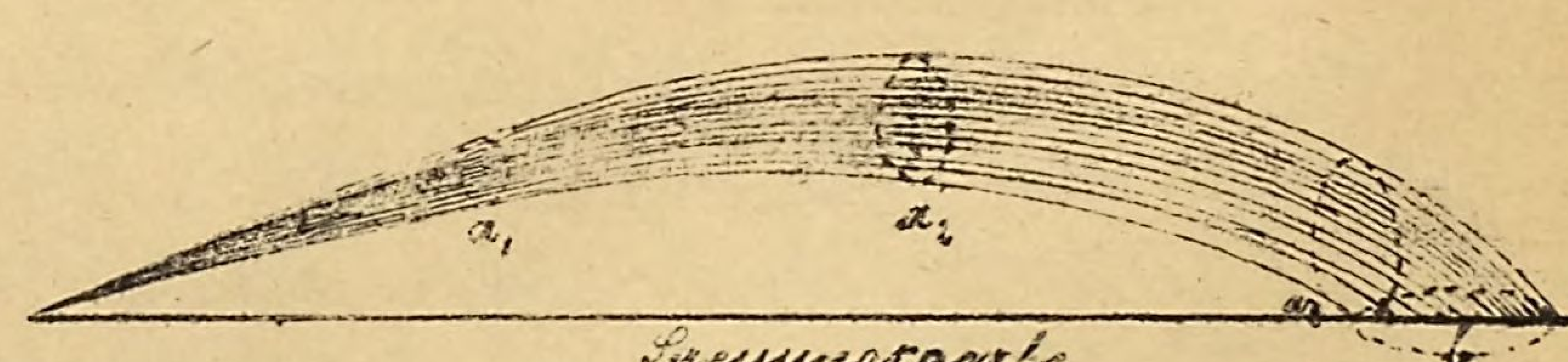
Die Flugbahn der gezogenen Geschütze nähert sich am meisten von allen Bogenschüssen der parabolischen und zwar auf kleinen Entfernungen mehr, als auf den größeren. Bei ihrer großen Regelmäßigkeit ist man nicht nur im Stande, die Abweichungen aus der parabolischen Theorie in einem für die Praxis genügenden Grade auf sie anzuwenden, sondern es sind die genauen Ermittlungen der Erhöhung, Einfallwinkel, Schußweite, Geschwindigkeit in jedem Punkte der Flugbahn, Flugzeiten, bestrichene Räume, die Treffhöhe der Geschosse mit Leichtigkeit aus ihren zuverlässigen Schießergebnissen für jede Ladung oder Entfernung abzuleiten. Eine weitere Folgerung der letzteren Annahme, daß die Flugbahn der gezogenen Geschütze, nahezu parabolisch ist, ergibt in der bei den verschiedenen Berechnungen sehr angewendeten Vorstellung, daß man die kürzere Flugbahn um einen Terrainwinkel aufwärts <u>schwenken</u> kann, bis sie mit der längeren zusammenfällt, daß sie alsdann dieser kongruent ist, und also die längere Flugbahn nur eine Fortsetzung der kürzeren wäre. In der Praxis kann diese Voraussetzung als richtig angesehen werden, solange es sich um kleine Erhöhungswinkel bis zu 15° handelt, also bei gezogenen Kanonen fast immer, mit Ausnahme der großen Entfernungen und bei schwachen Ladungen. Anders ist es bei großen Erhöhungen, bei denen das Geschoß gewissermaßen an einer schiefen Ebene entlang aufgeschoben werden muß.

III. Die Regelmässigkeit der Flugbahnen.

§ 16

Die Streuungen der Geschosse.

Von den die Flugbahn bestimmenden Faktoren fallen Anfangsgeschwindigkeit, Abgangswinkel und Luftwiderstand von Schuss zu Schuss etwas verschieden aus, wie im Kap. I nachgewiesen wurde. Infolgedessen sind die Flugbahnen mehrerer unter scheinbar ganz gleichen Verhältnissen abgegebenen Schüsse nicht völlig kongruent; sie bilden vielmehr in ihrer Gesamtheit eine Art Garbe, den sog. „Streuungskegel", und die Geschosse werden daher auch nicht immer einen und denselben Punkt treffen können.



Streuungsgarbe

Legende:

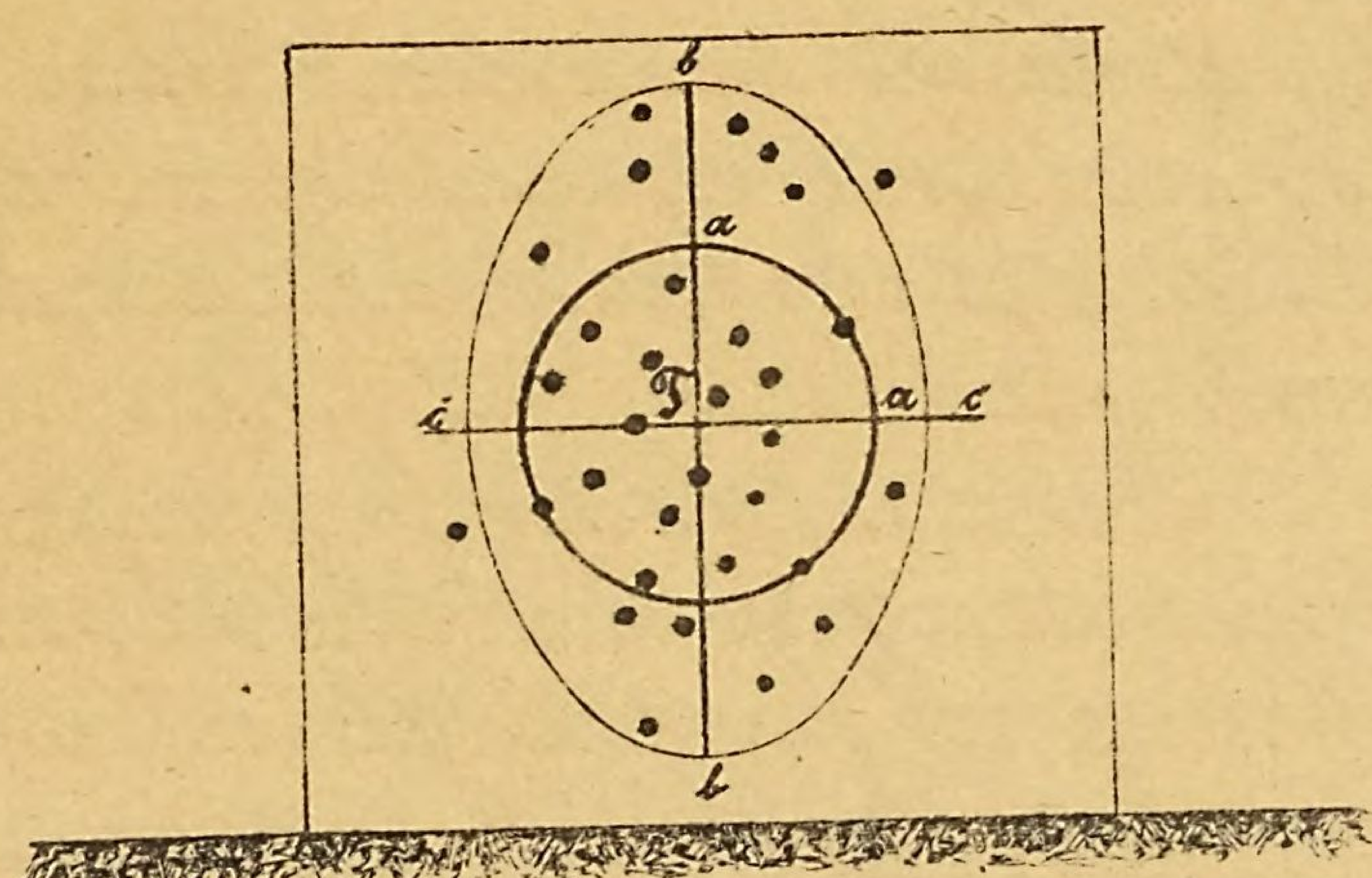
a_1, a_2, a_3 = vertikale Trefffläche,

b = horizontale Trefffläche.

Diese Geschoss- oder Streuungsgarbe bildet in ihren Umrissen einen hornartig gebogenen Kegel mit gekrümmter Achse; seine Spitze liegt in der Mündung der Waffe, bei den Sprengstücken der Granaten und Schrapnells im Sprengpunkt. Zwei äusserste gegenüberliegende Strahlen des Kegels schliessen den Kegelwinkel oder Streuungswinkel ein.

Denkt man sich eine grosse Zahl von Schüssen aus einer Waffe mit stets gleicher Richtung abgegeben und dieselben auf einer genügend grossen vertikal aufgestellten Scheibe aufgefangen, so erhält man ein sog.

„<u>vertikales Trefferbild</u>". In diesem mehr oder minder großen Trefferbilde, das im allgemeinen die Form einer Ellipse hat, deren große Achse lotrecht steht, scheinen die Schüsse ganz regellos verteilt; man bemerkt nur, daß sie sich um einen, ungefähr in der Mitte liegenden Punkt, den sog. „<u>mittleren Treffpunkt</u>", am dichtesten gruppieren; von da aus nimmt die Dichtigkeit nach allen Seiten hin ab, zuerst ganz allmählich, dann sehr bedeutend, bis endlich an den äußersten Enden die Treffer nur mehr vereinzelt sitzen.



<u>Legende:</u>
Ta = Streuungsradius der besseren Hälfte der Schüsse;
Tb = Halbachse der Höhenstreuung für alle Schüsse;
Tc = Halbachse der Breitenstreuung für alle Schüsse; } nach Abzug einiger % stark abliegender Schüsse

Der Mittelpunkt einer solchen Trefffläche wird durch die Lage des <u>mittelsten Schusses</u> bezw. eines Punktes T bestimmt, welcher ebensoviele Treffer über wie unter sich, zur Rechten wie zur Linken hat. Das durch diesen Mittelpunkt gehende Geschoß heißt das „<u>mittelste Geschoß</u>", dessen Bahn die „<u>mittelste Flugbahn</u>", der Punkt T der „<u>mittelste Treffpunkt</u>."

<u>Anmerkg.</u> Diese Erklärung des „mittelsten Treffpunktes" ist nicht zu verwechseln mit dem weiter unten erörterten Begriff des „mittleren Treffpunktes". Die Bestimmung des <u>mittelsten</u> Treffpunktes ist üblich bei Darstellung der Streuungsverhältnisse für Handfeuerwaffen, während für Geschütze in der Regel der <u>mittlere</u> Treffpunkt errechnet wird. (Vergl. die „Schieß-Instruktion für die k. b. Infanterie und Jäger", Beilage 3, Ziff. 6, Seite 85.) – Die Gründe für die Einführung des mittelsten Treffpunktes sind:

a) die leichte Bestimmung desselben durch bloßes Abzählen;

Bayerische Staatsbibliothek München

b) weil hiefür ein zuverlässiges Scheibenbild genügt;

c) einzelne sehr abweichende Schüsse vermögen den mittleren Treffpunkt aus der dichtesten Treffergruppe herauszurücken, während sie auf die Lage des mittelsten Treffpunktes viel weniger Einfluss haben.

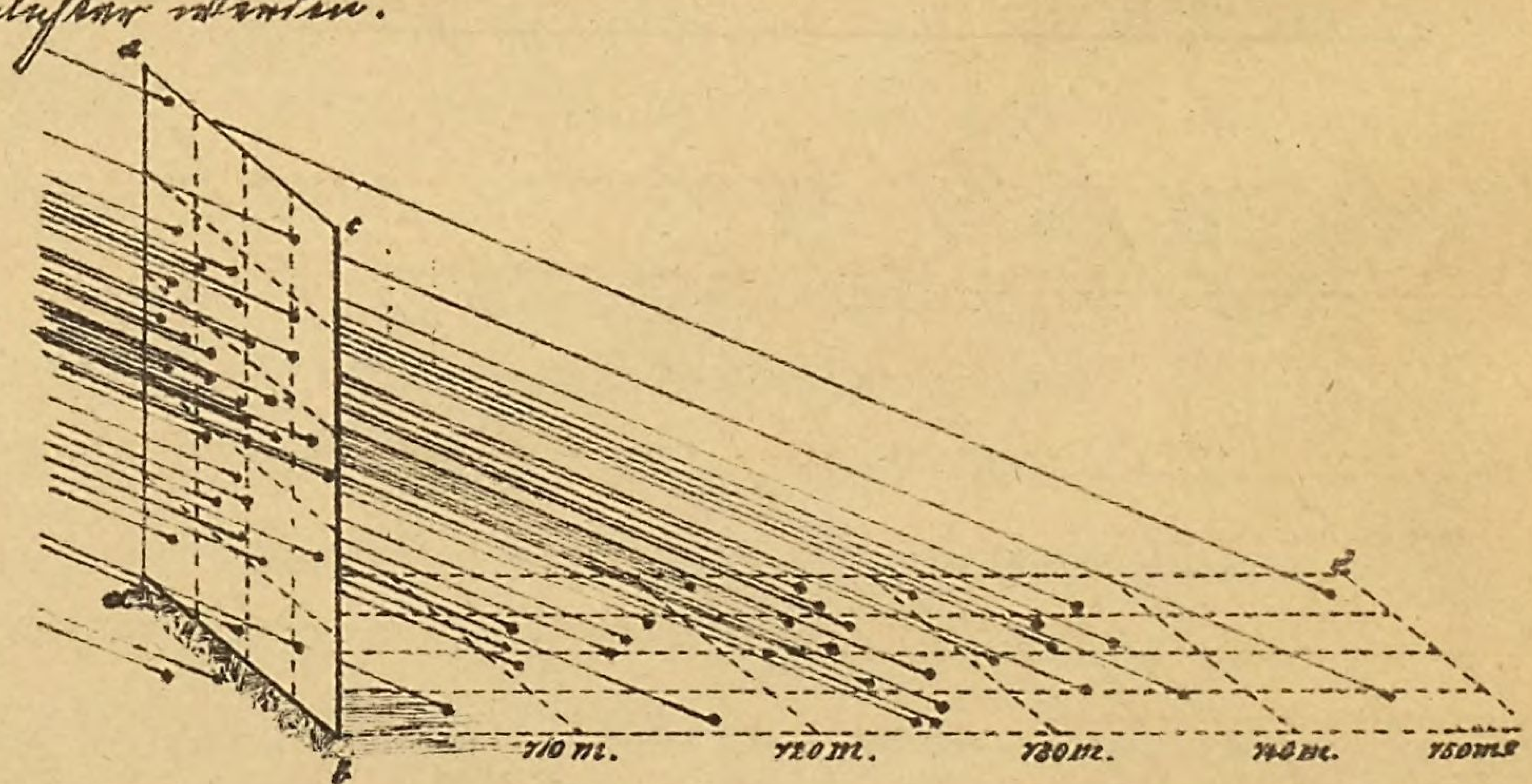
In den meisten Fällen werden aber der mittlere und mittelste Treffpunkt ziemlich nahe aneinander liegen.

Je besser eine Feuerwaffe schiesst, desto näher liegen die Flugbahnen aller Geschosse an der Achse des Streuungskegels; je schlechter dieselbe schiesst, desto weiter entfernen sie sich davon, desto grösser wird die verticale Trefffläche.

Die Grösse dieser verticalen Trefffläche nimmt mit der Entfernung des Zieles zu, wie aus der Figur auf S. 96 zu entnehmen ist.

Wird endlich die Geschossgarbe durch die freie (horizontale) Ebene geschnitten, so gruppieren sich die Schüsse auf dem Boden in einer lang gezogenen Fläche, welche ebenfalls die Form einer Ellipse hat und die „horizontale Trefffläche" heisst (auch horizontales Trefferbild oder Bodenbild genannt.)

Die grosse Achse dieser Ellipse liegt in der Schussrichtung und ist deren Länge hauptsächlich abhängig von der Grösse des Einfallwinkels. Auch in diesem horizontalen Trefferbilde tritt wieder die Erscheinung auf, dass die Schüsse in der Mitte eine dichtere Lage haben, während sie nach den Enden zu lichter werden.



Diese Erscheinung, dass die Treffer mehrerer unter scheinbar ganz gleichen Verhältnissen abgegebenen Schüsse sich auf einer Fläche ausbreiten, nennt man im allgemeinen „die Streuung der Geschosse". Selbst bei richtiger Richtung wird

man daher nicht darauf rechnen können, ein Ziel von bestimmter Größe mit jedem Schuß zu treffen. Man kann also niemals von einer „Treffsicherheit", sondern nur von einer „Treffwahrscheinlichkeit" reden. Es ist wohl klar, daß – von der Größe des Ziels zunächst abgesehen –, je größer die Ausbreitung der Schüsse d. h. die Streuung ist, desto geringer die Aussicht zu treffen sein wird. Der Artillerist hat daher ein besonderes Interesse daran, eine Vorstellung von der Leistungsfähigkeit des Geschützes nach dieser Richtung hin (: Präzision :) zu gewinnen.

Die Kenntnis der ganzen Streuung, d. h. der Höhe (Länge) und Breite des Trefferbildes, also der senkrechte Abstand des höchsten und tiefsten, bezw. den meisten rechts und am meisten links sitzenden Schusses, hat wenig Wert; es ist dies kein zuverlässiges Maß für die Treffähigkeit der Geschütze oder Gewehre und nicht zu Vergleichen geeignet, weil der Zufall dabei eine große Rolle spielt. Jede Wiederholung der Versuche, ein solches Trefferbild zu erschießen, würde, wenn man nicht ein ganz enormes Munitionsquantum aufbieten wollte, zu andern Resultaten führen.

§17.

Berechnung der Streuungen

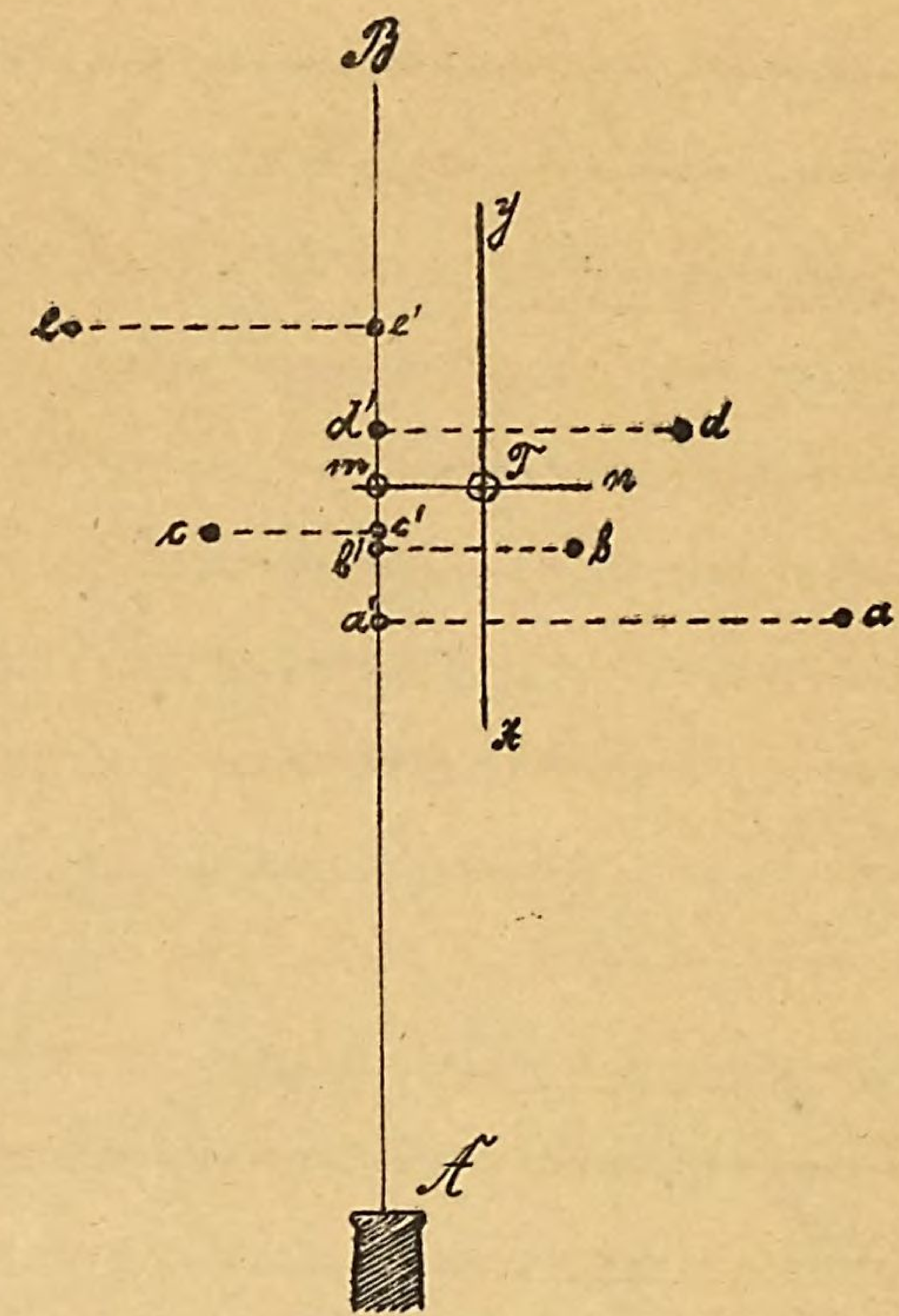
1) Denkt man sich als zu beschießendes Ziel eine freie horizontale Ebene, welche durch die Schildzapfenachse geht, so heißt man

„Richtungsebene" eine durch die Visierlinie gedachte Vertikalebene,

„Schußlinie" den Durchschnitt dieser Ebene mit dem gewachsenen Boden,

„Seitenabweichung" den senkrechten Abstand eines Treffpunktes von der Schußlinie,

„Schußweite" den Schnittpunkt des von einem auf dem gewachsenen Boden gelegenen Geschoßaufschlag auf die Schußlinie gefällten Lotes mit der Schußlinie.



In nebenstehender Figur ist demnach, wenn A die Geschützmündung, a, b, c, d, ... die Aufschläge von Schüssen bezeichnen,
AB = die Richtungslinie,
aa', bb', cc' die Seitenabweichungen,
Aa', Ab', Ac' die Schußweiten.
„Längenstreuung" ist die Differenz zwischen der größten und kleinsten Schußweite, also hier $a'e' = Aa' - Ae'$;
„Breitenstreuung" nennt man die Summe der zwei größten Seitenabweichungen nach rechts und links, hier also $aa' + ee'$; liegen alle Treffpunkte auf der einen Seite der Richtungslinie, so ist die Breitenstreuung die Differenz zwischen dem größten und kleinsten Abstand von derselben.

Die „mittlere Schußweite" ist das arithmetische Mittel aus allen Schußweiten d. h. alle erhaltenen Schußweiten werden addiert und durch die Anzahl der Schüsse dividiert, also z. B. $Am = \frac{Aa' + Ab' + Ac' + Ad' + Ae'}{5}$.

Die „parallele Seitenabweichung" erhält man, wenn man alle Seitenabweichungen von der Richtungslinie rechts und alle dgl. links addiert, die kleinere der erhaltenen Summen von der größeren subtrahiert und die erhaltene Differenz durch die Anzahl aller Schüsse dividiert, also z. B. mT

$$mT = \frac{(aa' + bb' + dd') - (cc' + ee')}{5}.$$

(Die parallele Seitenabweichung wird als *rechts* eingetragen, wenn die Summe der Seitenabweichungen rechts die größere ist, *links* dagegen, wenn das Umgekehrte stattfindet:).

Der „*mittlere Treffpunkt*" ist der Durchschnittspunkt zweier senkrecht auf einander stehender Linien (xy und mn), welche der parallelen Seitenabweichung und mittleren Schußweite entsprechen. Dieser Punkt T kann im Allgemeinen als jener Punkt der Ebene betrachtet werden, welchen man unter denselben Umständen häufiger getroffen hätte, als jeden andern Punkt der Ebene.

Der mittlere Treffpunkt ist maßgebend für die Berechnung der *mittleren Abweichungen* (nicht zu verwechseln mit den mittleren Streuungen, wovon weiter unten). Man versteht unter den „*mittleren Abweichungen*" das arithmetische Mittel der senkrechten Abstände der einzelnen Treffpunkte vom mittleren Treffpunkt. Man erhält demnach:

Die „*mittlere Längenabweichung*", wenn man die Abstände sämtlicher Aufschläge von der Linie der *mittleren Schußweite*, ohne Rücksicht, ob sie Weit- oder Kurzschüssen angehören d. h. ob sie positiv oder negativ sind, addiert und durch die Anzahl der Schüsse dividiert.

Die „*mittlere Seitenabweichung*" wird analog gefunden, indem man die sämtlichen Abstände der einzelnen Treffpunkte von der Linie der *parallelen Seitenabweichung*, gleichviel ob die Schüsse links oder rechts vorbeigegangen sind, also ebenfalls ohne Rücksicht auf die Vorzeichen, addiert und durch die Anzahl der Schüsse dividiert.

Diese Rechnung wird vereinfacht dadurch, daß man nur die in Beziehung zum mittl. Treffpunkt nach *einer* Seite hin abweichenden Schüsse berücksichtigt und die Summe dieser Abweichungen durch die *halbe* Schußzahl dividiert.

Davon ausgehend kann man nun die mittleren Abweichungen auf zweierlei Weise bestimmen, nämlich

die *mittlere Längenabweichung*, indem man die Differenzen zwischen allen Schußweiten, welche die mittlere Schußweite überschreiten, und der letzteren bildet, diese Differenzen addiert und die Summe durch die halbe Schußzahl dividiert, *oder* man addiert alle diejenigen erhaltenen

Schußweiten, welche die mittlere Schußweite überschreiten, subtrahiert von der Summe des Produkts aus der Anzahl dieser Überschreitungen und der mittl. Schußweite, und dividiert die Differenz durch die halbe Anzahl sämtlicher Schüsse.

Bedeutet s = mittlere Schußweite,

S = die Summe aller Schußweiten, welche > s,

a = die Anzahl derselben und

n = die ganze Schußzahl, so hat man die Formel:

$$l = \frac{(S - as) . 2}{n} .$$

Die mittlere Seitenabweichung wird ganz ähnlich bestimmt, indem man entweder die Differenzen aller Abweichungen, welche die parallele Seitenabweichung überschreiten, und dieser bildet, und die Summe dieser Differenzen durch die halbe Schußzahl dividiert; oder: man addiert alle diejenigen Seitenabweichungen von der Richtungslinie, welche die parallele Seitenabweichung überschreiten, subtrahiert von der Summe das Produkt aus der Anzahl dieser Überschreitungen und der parallelen Seitenabweichung und dividiert die Differenz durch die halbe Anzahl sämtlicher Schüsse.

Diese 3 verschiedenen Methoden, die mittleren Abweichungen zu berechnen, sind im Grunde genommen dieselben und liefern ganz gleiche Resultate, wie nachfolgendes Zahlenbeispiel (S. 104) dartun soll.

2.) Wird ein vertikales Ziel (: Anschießscheibe :) beschossen, so gelten dieselben Verhältnisse; den Längenabweichungen entsprechen hier Höhenabweichungen, der Längenstreuung die Höhenstreuung. Die Maße werden in diesem Falle nicht in m, sondern in cm ausgedrückt.

Die Höhenstreuung ist demnach die Entfernung des niedersten und höchsten Treffpunktes von einander, gemessen durch die senkrechten Abstände derselben vom Horizontalstrich in der Mitte der Scheibe. (Befindet sich oberhalb desselben kein Treffer, sondern nur unterhalb, (oder umgekehrt), so hat man die senkrechten Abstände des ihm zunächstliegenden und des von ihm am weitesten entfernten Treffpunktes von einander zu subtrahieren.)

Der mittlere Treffpunkt wird in Bezug auf die horizontale und vertikale Mittellinie der Scheibe bestimmt.

Man erhält seinen Ort durch den Schnittpunkt zweier senkrecht auf einander stehenden Linien: die Horizontale derselben (entsprechend der mittl. Schußweite) befindet sich in einem Abstande über oder unter der horizontalen Null-Linie, dessen Größe man erhält, wenn man alle Treffer über dieser mit +, alle Treffer unter ihr mit − in Rechnung bringt und das arithmetische Mittel daraus zieht; die zugehörige Verticale (entsprechend der parallelen Seitenabweichung) ist ähnlich das arithmetische Mittel aus allen Abweichungen von der verticalen Nullinie, die man unter Berücksichtigung der Vorzeichen zu einander hat.

Mittlere Höhenabweichung und mittlere Seitenabweichung erhält man durch Berechnung der Abweichungen jedes einzelnen Schusses in Bezug auf den mittl. Treffpunkt und ziehen das arithmetische Mittel, und zwar einmal nach der Höhe und nach der Seite (in cm). Oder man verfährt analog wie bei Bestimmung der mittl. Längenabweichung d.h. man addirt alle diejenigen Abweichungen vom Horizontalstrich nach der Richtung, in welcher der Ort des mittl. Treffpunktes liegt, welche größer sind, als der Abstand dieses Ortes vom Horizontalstrich, subtrahirt von dieser Summe das Produkt aus der Anzahl dieser größeren Abweichungen und dem Abstande des mittl. Treffpunktes und dividirt die Differenz durch die halbe Anzahl aller Schüsse. — Die mittl. Seitenabweichung wird beim verticalen Ziel ganz so, wie oben fürs horizontale angegeben, berechnet, nur treten hier an Stelle der in m angegebenen Seitenabweichungen die in cm angegebenen Abweichungen vom Verticalstrich, und an Stelle der parallelen Seitenabweichung der Abstand des mittl. Treffpunktes vom Verticalstrich.

3.) Sollen nach einer bestimmten Anzahl von Schüssen gegen ein verticales Ziel (: Schießscheibe :) die oben erklärten Streuungen, Abweichungen u. s. w. errechnet werden, unter Benutzung jener Schüsse, welche zu kurz oder zu weit gegangen sind, also die Scheibe nicht getroffen haben, so muß man behufs Berücksichtigung dieser Fehlschüsse sämtliche Schüsse auf ein und dieselbe Ebene reduziren, also a.) entweder den Durchgang der den Fehlschüssen angehörenden Flugbahnen durch die nach oben oder unten verlängert gedachte Scheibe bestimmen, oder

b, den Abstand der Scheibentreffer auf dem horizontalen Boden ermitteln (das sog. Bodenbild).

Anmerkg. Die Reduktion der Schüsse auf die Ebene des vertikalen Ziels geschieht nach der „Instruktion über das Anschießen gezog. Geschützrohre". (Vgl. Artillerielehre und Praktischer Dienst pag. 57.)

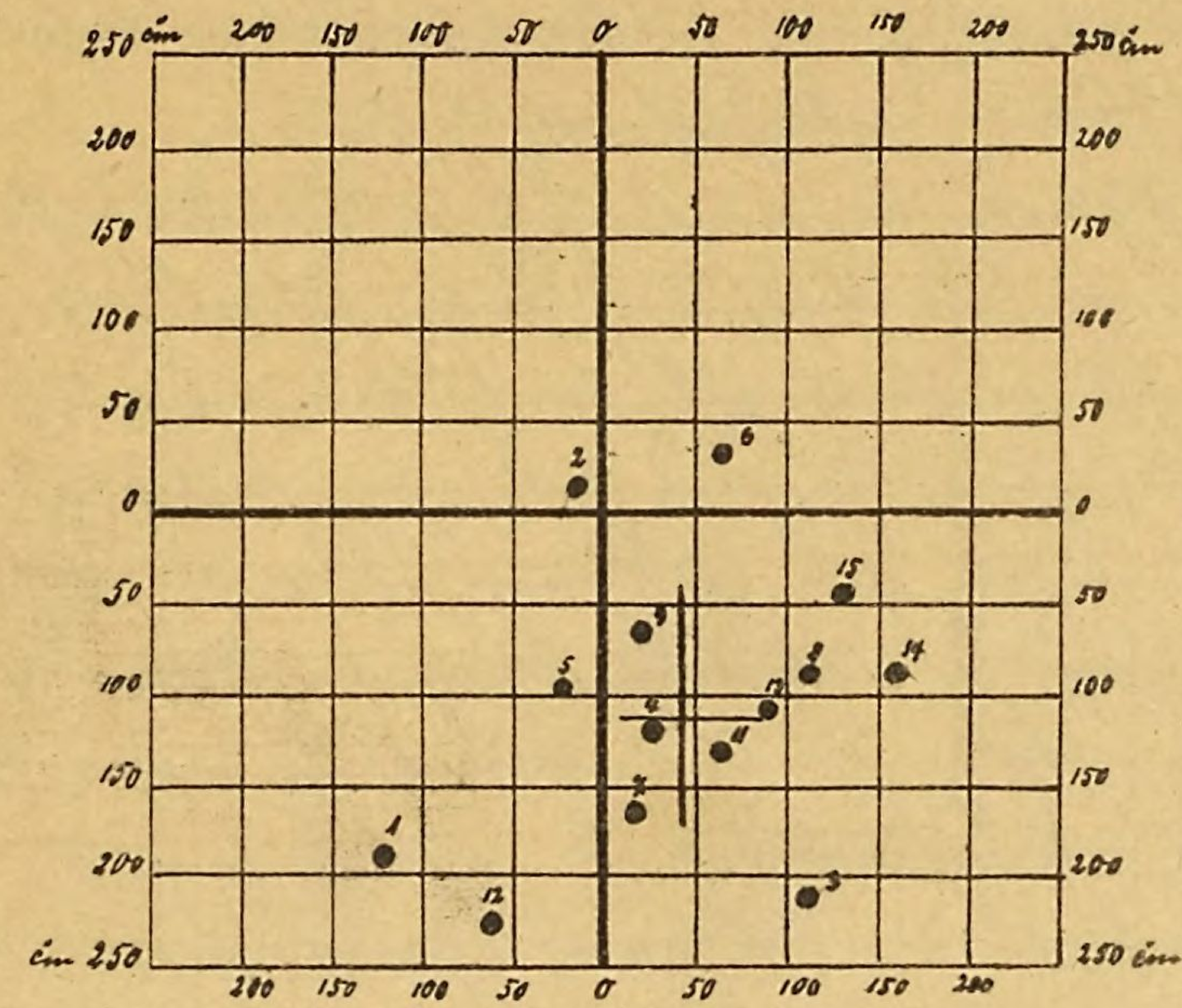
Aufgabe:

Unter Zugrundelegung nachstehender eingezielter Schußresultate mit dem schw. Feldgeschütz K/73 No ... auf 1400 m mit F. Gr. K/75 sind die Streuungsgrößen zu berechnen.

Laufd. No	Ladung	Erhöhung	Seitenverschiebung	Entfernung	Schußweite	Abweichungen vom				Bemerkungen
						Horizontal Strich nach		Vertikal Strich nach		
						oben	unten	links	rechts	
	kg	°	1/16°	m	m	cm	cm	cm	cm	
1	1,5	2^8	1	1400	1408,7	.	195	120	.	
2	"	"	"	"	1442,9	16	.	5	.	
3	"	"	"	"	1406,7	.	207	.	123	
4	"	"	"	"	1420,4	.	122	.	38	
5	"	"	"	"	1424,2	.	101	21	.	
6	"	"	"	"	1448,7	31	.	.	67	
7	"	"	"	"	1413,1	.	171	.	31	
8	"	"	"	"	1425,2	.	93	.	114	
9	"	"	"	"	1428,7	.	72	.	19	
10	"	"	"	"	1389,8 *)	.	313	.	26	*) Lage des Treffpunktes in der Scheibe durch Rechnung ermittelt.
11	"	"	"	"	1419,5	.	120	.	64	
12	"	"	"	"	1404,7	.	221	53	.	
13	"	"	"	"	1422,2	.	113	.	74	
14	"	"	"	"	1427,3	.	80	.	161	
15	"	"	"	"	1434,6	.	45	.	146	
				Summe =	21317,7	47	1863	199	863	

Scheibenbild.

von 15 Schuss aus dem schw. Feldgeschütz K/73 No. auf 1400 m mit F. Gr. K/76.



● 10. Schuss

Längenstreuung (: Schuss 6 und 10:)	58,9 m
Breitenstreuung (: " 1 " 14:)	~~291~~ cm 281
Höhenstreuung (: " 6 " 10:)	344 "
Mittlere Schussweite	1421,2 m
Mittlerer Treffpunkt	121,1 cm unter dem Horizontalstrich,
Mittlerer Treffpunkt	44,3 " rechts vom Vertikalstrich,
Mittlere Längenabweichung	11,2 m
" Seitenabweichung	58,6 "
" Höhenabweichung	68,2 cm.

§ 18.

Die Lehre von der Treffwahrscheinlichkeit.

Wenn alle Gründe dafür sprächen, dass jeder Schuss ein Treffer wäre, so würde von Gewissheit des Treffens gesprochen werden müssen. Da aber, mit Ausnahme der Schwere, der Einfluss aller Flugbahn-Komponenten von Schuss zu Schuss ein anderer ist, so sprechen Gründe dagegen, dass jeder Schuss ein Treffer ist; – überwiegend viel dagegen, dass ein sehr kleines Ziel getroffen wird (es ist dies unwahrscheinlich), überwiegend viel Gründe aber dafür, dass

ein großes Ziel, z. B. eine Stadt, getroffen wird (es ist dies also wahrscheinlich).

In der Wahrscheinlichkeitsrechnung nennt man das Verhältnis der Zahl der Fälle, die dem Eintreffen eines Ereignisses günstig sind, zu der Anzahl aller überhaupt möglichen Fälle, die Wahrscheinlichkeit.

Bezeichnet man nun die Gewissheit des Treffens mit 1, dann wird die Wahrscheinlichkeit (= Aussicht oder Chance), eine bestimmte Anzahl von Schüssen auf ein Ziel von gegebener Größe bringen zu können, stets ein echter Bruch sein müssen, z. B. trifft man unter 100 mal 75 mal das gleiche Ziel, so ist die Wahrscheinlichkeit, dasselbe auch beim nächsten Schuß zu treffen $\frac{75}{100} = \frac{3}{4}$ (absolute oder einfache Wahrscheinlichkeit).

Die Anzahl von Treffern also (gewöhnlich in % der ganzen Schußzahl ausgedrückt), auf die man gegen ein Ziel von bestimmter Größe rechnen darf, bezeichnet man mit „Trefferwahrscheinlichkeit". Hat man nur Aussicht, einen kleineren Teil der Schüsse als die Hälfte ins Ziel zu bringen, so ist das Treffen eigentlich unwahrscheinlich, denn der Begriff „wahrscheinlich" ist ein ganz bestimmter und besagt, daß unter gegebenen ganz gleichen Verhältnissen ein und dasselbe Ereignis ebenso oft eintreten kann, als es nicht eintritt; die Wahrscheinlichkeit, daß es unter den nämlichen Umständen wieder eintritt, ist also = $\frac{1}{2}$ oder 50%. Die Wahrscheinlichkeit, ein Ziel ebensoleicht fehlen als treffen zu können, wird durch die Zielgröße für 50% Treffer bezeichnet.

Das Verhältnis der Anzahl der treffenden zu den gefallenen Schüssen kann aber noch auf die verschiedenste Weise ausgedrückt werden:

1.) Für ein Ziel von bestimmten Ausmaßen werden die Trefferprozente angegeben d. h. jene Anzahl von Treffern, welche sich unter 100 Schüssen voraussichtlich ergeben würde;

2.) man bestimmt die Größe des Streuungskreises, durch Angabe seines Radius, innerhalb welchem auf eine bestimmte Entfernung die Hälfte 50% oder die Gesamtheit (100%) der gefallenen Schüsse fallen würde; dessen Centrum fällt

mit dem *mittelsten Treffpunkt* zusammen (s. Fig. T. 97).
Da nun aber die Längenabweichungen nicht gleich den Seitenabweichungen sind, so ist von der Größe des Streuungsradius nur auf die *größere* der beiden Abweichungen zu schließen, während man von der *kleineren* nur erfährt, daß sie innerhalb des Streuungskreises liegt, nicht aber welche Größe sie hat.

3.) Die Angabe der Länge (Höhe) und Breite, welche das Ziel je nach der Entfernung haben muß, damit dasselbe entsprechend den Streuungen durch *alle* Schüsse getroffen werden kann, wäre schon besser, weil hiedurch die Größe jeder Abweichung bestimmt ist.

Da aber die Treffer innerhalb des Zieles nicht gleichmäßig verteilt sind, sondern am dichtesten um den *mittleren Treffpunkt* herum sich befinden, gegen den Umfang des Zieles zu jedoch immer weniger werden, so ist es für die Praxis viel besser:

a.) jene *Zielgröße* anzugeben, auf welche nach den bestehenden Erfahrungen die Hälfte (50%) aller Schüsse fallen wird, welche daher wahrscheinlich ebenso oft getroffen, als gefehlt wird. Selbstverständlich fällt der Mittelpunkt der so bezeichneten Zielgrößen mit dem mittleren Treffpunkt zusammen;

b.) um von diesen theoretischen Zielausdehnungen auf die in der Praxis vorkommenden Zielobjekte, deren Größe verschieden ist, zu schließen, d. h. bestimmen zu können, wie viele % Treffer man sich mit Wahrscheinlichkeit erwarten dürfe, oder wie groß ein Ziel sein müsse, damit man gegen dasselbe eine bestimmte Anzahl von Treffern erhalte, ist es erforderlich, den hier herrschenden Zusammenhang zu betrachten (*Wahrscheinlichkeitsfaktor und Wahrscheinlichkeitskoeffizient*.)

Die Erfahrung lehrt, daß eine gewisse Gesetzmäßigkeit in der Lagerung der Treffer herrscht. Die Zuverlässigkeit und Gesetzmäßigkeit der Schießresultate steigt aber mit der Schußzahl, und zwar im Verhältnis der Quadratwurzeln; bei geringen Schußzahlen können daher keine verläßlichen Resultate erwartet werden.

Ist A das Resultat aus n Schüssen,
" B " " (n + x) " , so verhält sich die

Zuverlässigkeit von

$$A : B = \sqrt{n} : \sqrt{n+x}.$$

Aus den mittleren Abweichungen kann man nun leicht auf die sog. „wahrscheinlichen Abweichungen" schließen. Unter „wahrscheinlicher Abweichung" versteht man nämlich eine Abweichung von solcher Größe, daß sie größer ist als die eine Hälfte, aber kleiner als die andere Hälfte der Abweichungen, natürlich bezogen auf den mittleren Treffpunkt. Es ist also ebenso wahrscheinlich, daß die Abweichung irgend eines unter denselben Verhältnissen abgegebenen Schusses diese Größe überschreitet, wie daß sie dieselbe noch nicht erreicht. Die wahrscheinliche Abweichung ist kleiner als die mittlere und wird gefunden, wenn man die mittleren Abweichungen mit dem Koeffizienten 0,845347 multipliziert. Ist die mittl. Längenabweichung = L, die mittl. Seitenabweichung = S, die mittl. Höhenabweichung = H, so ist die wahrscheinliche Längenabweichung = L. 0,845347;

" " Seiten- " = S. 0,845347;

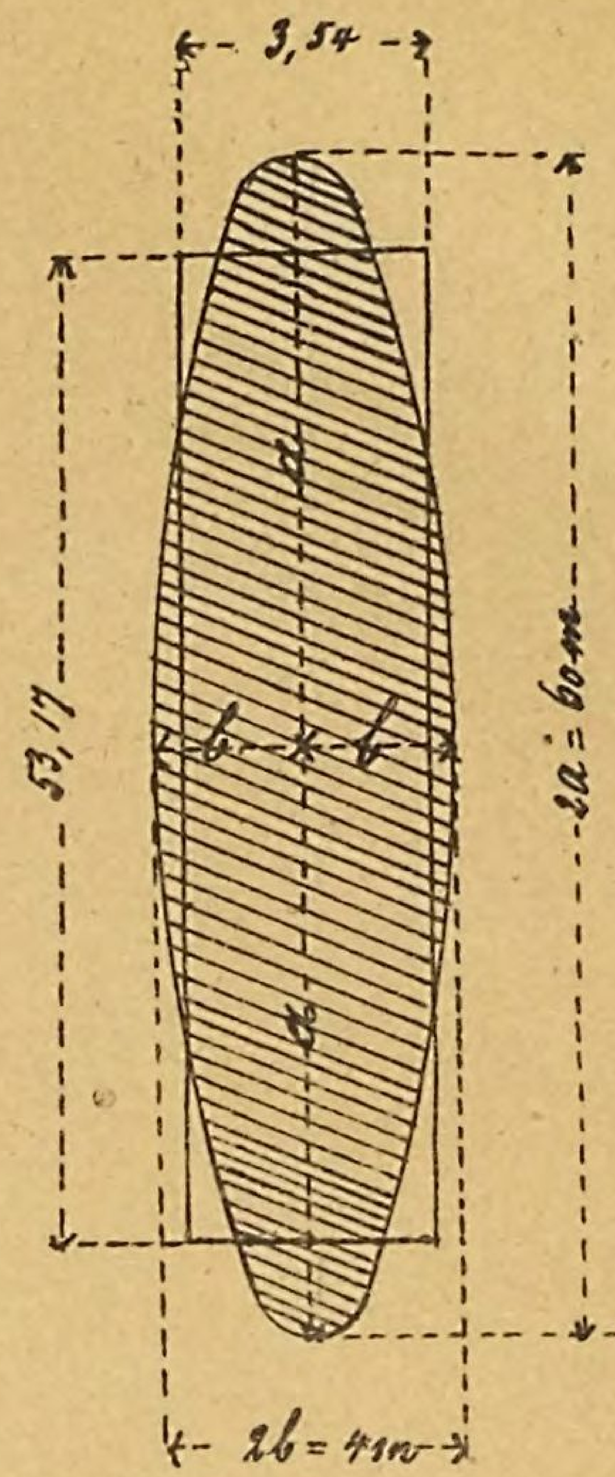
" " Höhen- " = H. 0,845347.

Da bei fortgesetztem Schießen mit unveränderter Richtung die Treffpunkte sich nach dem mittleren Treffpunkte immer dichter gruppieren und im Mittel von allen Schüssen der Abstand eines Treffpunktes vom mittleren Treffpunkt = L (resp. S oder H) ist, so ist für den einzelnen Schuß die Wahrscheinlichkeit vorhanden, daß er demselben näher liegen wird, als L. Dieser Grad von Wahrscheinlichkeit findet seinen Ausdruck in dem Koeffizienten 0,845347, welcher ein Ergebnis der Wahrscheinlichkeitsrechnung ist.

Anmerkg. Über die Entstehung dieses Koeffizienten, welcher für irgend einen gegebenen Fall der Wahrscheinlichkeit $\frac{1}{2}$ = 50% entspricht, diene folgende Notiz:

Wie oben § 16 ausgesprochen, sind die Schnitte der Flugbahngarben meist Ellipsen; von diesen ist nach dem Schießen die große und die kleine Achse durch Berechnung oder Abmessen der Längen- und Breitenstreuung zu finden. Ebenso kann man durch Ermittlung der mittleren Längen- (Höhen) und Seitenabweichungen die Achsen jener Ellipse erhalten, in welcher 50% d.i. die Hälfte der Schüsse liegt.

Gesetzt 2a und 2b seien die große und die kleine Achse einer solchen Ellipse, z.B. 60 m und 4 m, so ist nach



mathematischen Gesetzen der Flächeninhalt der Ellipse
$F = ab\pi$.
Hiedurch kennen wir nun den Flächeninhalt, welchen ein elliptisches Ziel haben müsste für 50% Treffer.
Unsere Ziele sind aber Rechtecke, und es sind daher jene Rechtecke zu berechnen, welche mit der Ellipse gleichen Flächeninhalt haben, also auch der Wahrscheinlichkeit für 50% Treffer entsprechen.
Der Flächeninhalt eines Rechteckes, dessen Grundlinie $= a\sqrt{\pi}$, dessen Höhe $= b\sqrt{\pi}$ genommen wird, ist aber auch $= ab\pi$.
Wie gross sind aber nun die Seiten des Rechteckes?
Die Grundlinie ist $= a\sqrt{\pi} = 1{,}77245385\,a = 30 \cdot 1{,}77245385 =$
$= \underline{53{,}17\,m}$;
Die Höhe beträgt $= b\sqrt{\pi} = 1{,}77245385\,b = 2 \cdot 1{,}77245385\,b =$
$= \underline{3{,}54\,m}$.

Legende: $a = 30\,m$, $b = 2\,m$;
$a\sqrt{\pi} = 53{,}17\,m$;
$b\sqrt{\pi} = 3{,}54\,m$;

Nach jeder Seite der Mittellinie des Rechteckes ist also auszutragen
$\frac{1{,}77245385\,a}{2} = 0{,}886\,a = 26{,}5\,m$ und
$\frac{1{,}77245385\,b}{2} = 0{,}886\,b = 1{,}77\,m$.

Sind daher a und b die ermittelte mittlere Längen- und Seitenabweichung, so dürfen wir mit der Wahrscheinlichkeit $= \frac{1}{2}$ hoffen, ein Rechteck von den Seiten $2 \cdot 0{,}886\,a$ und $2 \cdot 0{,}886\,b$ zu treffen, d. h. die Hälfte der Schüsse hineinzubringen. Die Zahl 0,885, oder der nicht gleichmässigen Lagerung der Geschosse wegen genauer 0,845347 ist der für die Wahrscheinlichkeit $= \frac{1}{2}$ gehörige Coeffizient.

Die „wahrscheinlichen Abweichungen" beziehen sich also nur auf eine Seite der Mittellinie und können positiv und negativ sein; entsprechend der Praxis sind die Angaben der Treffähigkeits-Tabellen nicht für die halben, sondern für die wirklichen Streuungen, also = den doppelten wahrscheinlichen Abweichungen, für welche der Coeffizient $2 \cdot 0{,}845 = 1{,}69$ gilt. Man erhält also
die mittlere Längenstreuung, wenn man die wahrscheinliche Längenabweichung mit 2 oder die mittlere mit 1,69 multipliziert, also $= 2 \cdot 0{,}845\,L =$
$= 1{,}69\,L$; ebenso
die mittlere Breitenstreuung, wenn man die wahrscheinliche Seitenabweichung mit 2, oder die mittlere Seitenabweichung mit 1,69 multipliziert, also $= 2 \cdot 0{,}845\,S = 1{,}69\,S$.

doppelte Abw. = Streuung

Die Verwechslung der mittleren Abweichungen und der mittleren Streuungen ist daher wohl zu vermeiden.

Während nach Obigem die mittl. Abweichungen stets vom mittl. Treffpunkte aus nach einer Richtung hin, also z. B. die mittl. Längenabweichungen vor oder hinter

denselben nehmen, werden die mittleren Streuungen gleichzeitig nach beiden, also z. B. vor und hinter denselben gerechnet, weil ja die mittleren Streuungen das Doppelte der wahrscheinlichen Abweichungen betragen.

Diese mittleren Streuungen geben an, wie lang resp. breit ein Ziel sein muss, in welches (bei richtigem und längere Zeit fortgesetztem Schiessen) wahrscheinlich die Hälfte der Schüsse oder 50 % Treffer fallen werden; es sind dies die Angaben, welche in den Treffähigkeits-Tabellen der Schusstafeln enthalten sind.

Die ganzen Längen und Breitenstreuungen sind etwa 4 mal so gross, als die mittleren Streuungen (: 4 = Wahrscheinlichkeitsfaktor für 100 % :).

Ganz analog wie die mittlere Längenstreuung rechnet sich für vertikale Zielflächen auch die mittlere Höhenstreuung.

§ 19.

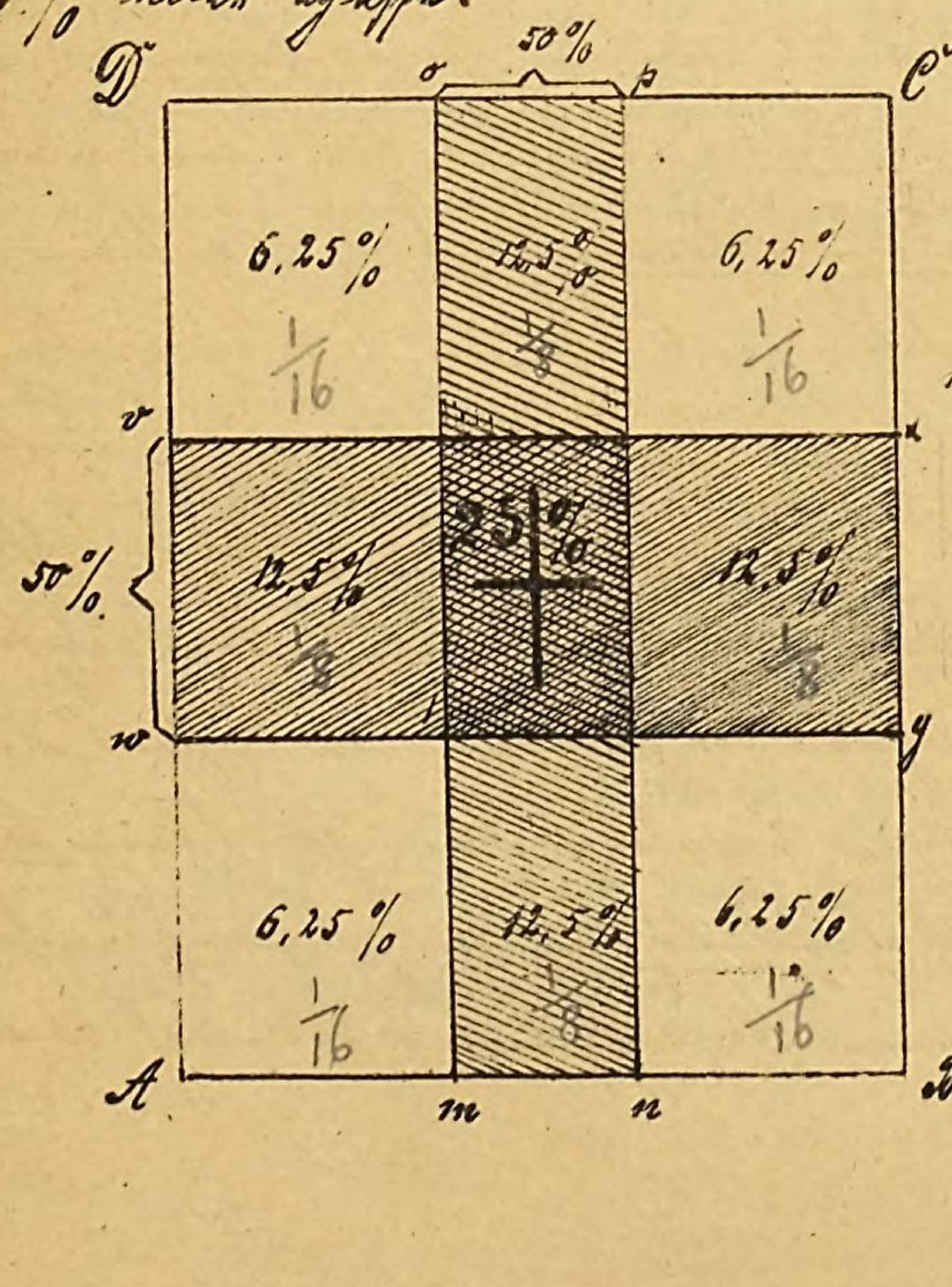
Die Verteilung der Schüsse im Streuungs-Raum und die Wahrscheinlichkeits-Faktoren.

Die höhere Mathematik – die Wahrscheinlichkeitstheorie – lehrt, und zahlreiche Versuche haben die Richtigkeit der Theorie bestätigt, dass die scheinbar regellose Verteilung der Schüsse im Trefferbilde in der That eine gesetzmässige ist, wenn nur die Zahl der abgegebenen Schüsse gross genug ist.

Die Wissenschaft unterscheidet zwischen der einfachen oder absoluten Wahrscheinlichkeit (: s. § 18, S. 106 :) und einer zusammengesetzten Wahrscheinlichkeit, je nachdem man die Wahrscheinlichkeit bestimmt, dass unter den gleichen Verhältnissen ein und dasselbe Ereignis wieder eintritt, oder je nachdem die Wahrscheinlichkeit für mehrere solche Ereignisse zu gleicher Zeit gesucht wird. Für den letzteren Fall ist die Wahrscheinlichkeit des Zusammentreffens von einander unabhängiger Begebenheiten gleich dem Produkte aus den einzelnen Wahrscheinlichkeiten, z. B. auf demselben Wege begegnen wir einem Hasen unter 100 mal 60 mal,

einer anderen 75 mal; wollen wir nun die Wahrscheinlichkeit ausdrücken, beide Personen zu gleicher Zeit auf dem Wege zu treffen, so ist dies ein Fall der „zusammengesetzten Wahrscheinlichkeit" $\frac{60}{100} \cdot \frac{75}{100} = \frac{3}{5} \cdot \frac{3}{4} = \frac{9}{20}$ d. h. wenn die Begegnungen von einander unabhängig sind, dürfen wir unter 20 mal auf ein 9 maliges Zusammentreffen beider rechnen.

Wie schon oben öfter erwähnt, ist die Dichtigkeit der Treffer nahe dem mittleren Treffpunkt am größten und nimmt nach den Grenzen zu bedeutend ab. Dies geht schon aus dem Begriff der zusammengesetzten Wahrscheinlichkeit hervor. Drückt man nämlich die mittlere Längen- (resp. Höhen-) und Breitenstreuung für 50% Treffer durch 2 Zielstreifen aus, die sich rechtwinklig so schneiden, daß der mittlere Treffpunkt in die Mitte fällt und von denen also jeder die Hälfte der Schüsse aufnimmt (die Angaben über die Größe dieser Streifen siehe in der Trefffähigkeits-Tabelle), und die ganze Zielfläche so groß ist, daß kein Schuß, weder nach der Länge noch nach der Seite fehlgehen kann, (also 4 mal so groß, als die mittleren Streuungen betragen), so enthält das Rechteck abcd, das durch den Schnitt der beiden Streifen für 50% Treffer entsteht, 0,50 · 0,50 = 0,25 d. h. 25% oder $\frac{1}{4}$ aller Schüsse; denn in der ganzen Ausdehnung jedes Streifens sitzt nur der 0,50 ste Teil aller Schüsse verteilt, das Rechteck abcd enthält also nur den Teil aller Schüsse, der beiden Streifen gemeinschaftlich ist, also 25% aller Schüsse.



Legende:

mnop = Mittl. Breitenstreuung;
vwxy = " Längen " ;
AB = 4.mn
AD = 4.vw
ABCD = Raum für 100% Treffer.

Es ist klar, daß um so weniger Schüsse das Ziel treffen werden, je kleiner es ist. Bei 0 Größe wird es von gar keinem getroffen werden, und um so mehr Schüsse erhalten, je größer es ist. Die Erfahrung (und die Wahrscheinlichkeitsrechnung) hat gelehrt, daß, wenn die mittlere Flugbahn durch die Mitte des Zieles geht, kein Fehlschuß zu erwarten steht bei einem Ziele, das etwa die 4 fachen Abmessungen der mittleren Streuung auf der betreffenden Entfernung hat. Es werden also die Anzahl der Treffer mit der Größe des Zieles 0 bis zur 4 fachen Größe der mittleren Streuung stetig wachsen.

Die Zahl, welche angibt, um wieviel mal ein Ziel größer ist, als die Abmessung der mittleren Streuung, heißt der „Wahrscheinlichkeitsfaktor" und für jede Größe dieser Zahl wird also eine bestimmte Anzahl Treffer zu erwarten sein. Es enthält z.B. ein von 2 horizontalen Linien begrenzter Streifen zu beiden Seiten des mittl. Treffpunktes von der *halben* Breite der mittleren Höhenstreuung nicht 25, sondern 26,5 % aller überhaupt abgegebenen Schüsse. Andererseits zählt man in einem Streifen von der 1,5 fachen Breite der mittleren Streuung nicht 75, sondern nur 69 %, in einem solchen von der doppelten Breite nicht 100, sondern 82 % u.s.w.

Denkt man sich diese Faktoren graphisch dargestellt, so übersieht man die Gesetzmäßigkeit des Wachsens deutlicher.

Es ergibt sich daraus, daß die Wahrscheinlichkeitskurve von 0 bis 1 der Ordinate, also bis zu 50 % der Treffer von der geraden Linie sehr wenig abweicht, d. h. bis zu 50 % Treffer die Abmessungen des Zieles nahezu im Verhältnis zur Anzahl der Treffer stehen. Darüber hinaus erhält die Kurve eine immer stärker zunehmende Krümmung.

Die Wahrscheinlichkeitsfaktoren werden durch höheren Kalkül ermittelt und kann auf die rechnerische Entstehung dieser Faktoren hier nicht näher eingegangen werden.

Der *Zweck* der Wahrscheinlichkeitsfaktoren besteht im Verein mit den Treffähigkeitstabellen darin, die Trefferzahl zu berechnen, welche gegen ein Ziel von bestimmter Größe bei

richtiger Lage des mittleren Treffpunktes erwartet werden darf. Ihr Gebrauch ist im nächsten § angegeben.

Wahrscheinlichkeitsfaktoren.

Prozent	Faktor	Prozent	Faktor	Prozent	Faktor	Prozent	Faktor
1	0,02	26	0,49	51	1,02	76	1,74
2	0,04	27	0,51	52	1,04	77	1,78
3	0,06	28	0,53	53	1,07	78	1,82
4	0,07	29	0,55	54	1,09	79	1,86
5	0,09	30	0,57	55	1,12	80	1,90
6	0,11	31	0,59	56	1,14	81	1,94
7	0,13	32	0,61	57	1,17	82	1,98
8	0,15	33	0,63	58	1,19	83	2,03
9	0,17	34	0,65	59	1,22	84	2,08
10	0,18	35	0,67	60	1,25	85	2,13
11	0,20	36	0,72	61	1,27	86	2,18
12	0,22	37	0,72	62	1,30	87	2,24
13	0,24	38	0,74	63	1,33	88	2,30
14	0,26	39	0,76	64	1,36	89	2,37
15	0,28	40	0,78	65	1,39	90	2,44
16	0,30	41	0,80	66	1,42	91	2,52
17	0,32	42	0,82	67	1,45	92	2,60
18	0,34	43	0,84	68	1,48	93	2,69
19	0,36	44	0,86	69	1,51	94	2,78
20	0,38	45	0,89	70	1,54	95	2,91
21	0,40	46	0,91	71	1,57	96	3,04
22	0,41	47	0,93	72	1,60	97	3,22
23	0,43	48	0,95	73	1,64	98	3,45
24	0,45	49	0,98	74	1,67	99	3,82
25	0,47	50	1,00	75	1,71	100	4

Aufgabe:

Es sind die Streuungsverhältnisse des schw. Feldgeschützes K/73 auf 1500 m gegen ein vertikales Ziel nach der Treffähigkeitstabellen und den Wahrscheinlichkeits-Faktoren graphisch darzustellen und die Zielstreifen für 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 und 99% Treffer anzugeben.

zeichnen.

§ 20.

Die Treffähigkeit der Geschütze und die Treffähigkeits-Tabellen.

a) Begriffsbestimmungen

Es ist leicht einzusehen, daß die aus den mittleren Streuungen berechneten Trefferzahlen eigentlich nur das Maximum der Geschützleistung angeben. Die Trefferzahl muß abnehmen, sobald der mittlere Treffpunkt nicht genau mit dem Mittelpunkt des Zieles d. h. dem beabsichtigten Treffpunkt zusammenfällt, oder wenn aus irgend einem Grunde die Streuungen größer werden, als die Schußtafel angibt. Beides wird in der Praxis immer vorkommen, es wird ein außerordentlich seltener Zufall sein, daß die

mittlere Flugbahn gerade mitten durch das Ziel geht, und ebenso werden naturgemäß die Streuungen größer sein, als die unter den denkbar günstigsten Umständen erschossenen und in den Schußtafeln angegebenen.

Ich möchte daher jene Trefferwahrscheinlichkeit, die lediglich aus den Schußtafelangaben über die mittleren Streuungen resp. der Zielgrößen für 50% Treffer – ohne Rücksicht auf Nebenumstände – errechnet ist, die <u>Treffähigkeit</u> nennen und unter „<u>Trefferwahrscheinlichkeit</u>" den Prozentsatz von Treffern verstehen, den man unter ganz bestimmten Voraussetzungen, welche die Treffähigkeit modifizieren, (z. B. Lage des mittleren Treffpunktes am Fuß der Scheibe oder in $\frac{1}{3}$ ihrer Höhe u.s.w.), noch zu erwarten berechtigt ist. Man kann zwischen „Treffähigkeit" und „Trefferwahrscheinlichkeit" auch in <u>dem</u> Sinne unterscheiden, daß man erstere <u>aktiv</u> versteht, also z. B. wenn man von Geschützen spricht, letztere aber <u>passiv</u> nimmt, also die Fähigkeit der Ziele, Treffer aufzunehmen, darunter versteht.

Beide zusammengenommen, also Treffähigkeit und Trefferwahrscheinlichkeit, geben ein Maß für die <u>Präzision</u> der Geschütze.

Praktischer als die obigen Definitionen ist die Unterscheidung zwischen <u>absoluter</u> und <u>relativer Treffähigkeit</u>.

Die erstere findet bekanntlich ihren Ausdruck entweder in den Prozentzahlen der Treffer, welche man auf den verschiedenen Entfernungen gegen ein Ziel von gegebener Größe erhält, oder in der Treff-Fläche, welche das Ziel nach Höhe, Breite oder Länge darbieten muß, um einen bestimmten Prozentsatz an Treffer zu ergeben.

Unter <u>relativer Treffähigkeit</u> versteht man die Fähigkeit des Geschützes, unter nicht normalen Verhältnissen, (d.h. bei unbekannter oder falsch erschossener Entfernung, mangelhafter Beobachtung und Korrektur der Schüsse, Fehler in der Bedienung, namentl. im Richten u. dgl.) <u>vermöge der Rasanz seiner Flugbahnen</u> die Fehler in der Höhenrichtung mehr oder

weniger unschädlich zu machen. Eine große relative Treffähigkeit ist besonders für Feldgeschütze wünschenswert. Den zuverlässigsten Maßstab für die relative Treffähigkeit liefern die Fallwinkel der Geschosse, welche zugleich die Länge des bestrichenen Raumes im niedersteigenden Ast der Flugbahn, also die Rasanz der letzteren unmittelbar bestimmen.

Schließlich sei auch noch die sog. „totale Treffähigkeit“ erwähnt. Weder die absolute, noch die relative Treffähigkeit können einzeln für die von einem Geschütz zu erwartende Leistung als maßgebend angesehen werden; vielmehr wird man dafür einen den thatsächlichen Verhältnissen entsprechenden Maßstab nur in angemessener Kombination jener beiden Eigenschaften zu finden vermögen, die wir mit dem Ausdruck „totale Treffähigkeit“ bezeichnen wollen. Sie wird ausgedrückt durch die Differenz zwischen der Länge des bestrichenen Raumes (B) für ein Ziel von gegebener Höhe und der für 50% erforderlichen Ziellänge ($Z_{50\%}$), also

$$T = B - Z_{50\%}.$$

Wird der Wert von T positiv, so giebt er das Maß an, um welches die Entfernung des Zieles falsch ermittelt sein darf, oder das Ziel seinen Ort in der Schußebene verändert haben kann, ohne daß, bei unveränderter Richtung des Geschützes, die Trefferzahl unter 50% der Schüsse sinkt.

Andrerseits erhält man aus dem negativen Werte von T die Tiefe, welche das Ziel haben muß, um bei richtig ermittelter Entfernung noch 50% Treffer zu erhalten.

2.) Die Treffähigkeitstabellen der Schußtafeln.

Die Treffähigkeitstabellen sind aus den erschossenen Treffergebnissen abgeleitet; sie sind als Durchschnittszahlen anzusehen unter der Voraussetzung, daß Geschützmunition und Bedienung tadellos sind, Fehler in der Höhen- und Seitenrichtung nicht gemacht werden und auch der Einfluß der Witterung nicht besonders störend ist.

Die Leistungen der Geschütze sind erfahrungsgemäß nicht so gleichmäßig, daß, selbst bei genau bekannter Ent-

fernung, unter Benützung der in den Schußtafeln enthaltenen Erhöhungen und Seitenverschiebungen erwartet werden darf, daß der mittlere Treffpunkt mit dem beabsichtigten zusammenfallen wird.
Bei der Beurteilung der Treffähigkeit müssen die Abweichungen selbstredend <u>auf den mittleren Treffpunkt bezogen werden.</u> Beim Beschießen eines Punktes muß aber das Bestreben dahin gehen, den mittl. Treffpunkt (durch das Korrekturverfahren) in denselben Punkt zu verlegen.

Die Treffähigkeits-Tabellen enthalten die Angaben der <u>mittleren</u> oder sog. <u>natürlichen Streuungen</u> (: also der doppelten wahrscheinlichen Abweichungen :), oder mit anderen Worten, die Angaben der Dimensionen, welche, unter verschiedenen Verhältnissen (Ladung, Entfernung) ein Ziel haben muß, falls beim Beschießen desselben 50% Treffer zu erwarten stehen, — vorausgesetzt, daß der mittlere Treffpunkt in der Mitte des Zieles liegt.

Die für die Höhe resp. Länge der Ziele gemachten Angaben gelten für eine solche Breite des Zieles, daß kein Fehlschuß durch Seitenabweichung entstehen kann; ebenso liegt den Angaben für die Breiten des Zieles die Annahme zu Grunde, daß kein Fehlschuß durch Höhen- resp. Längenabweichung entsteht, z. B. beim schw. Feldgeschütz C/73 erfordern auf 2000 m Entfernung 50% Treffer eine Zielhöhe von 2,6 m, eine Zielbreite von 1,7 m. Soll man also gegen ein 2,6 m hohes Ziel 50% Treffer erwarten können, so muß dasselbe mindestens 4 . 1,7 = 6,8 m breit sein, da die ganzen Streuungen ungefähr 4 mal so groß sind, wie die mittleren. Ebenso muß das Ziel von 1,7 m Breite für 50% Treffer mindestens 4 . 2,6 = 10,4 m hoch sein. Gegen ein Ziel von 2,6 m Höhe <u>und</u> 1,7 m Breite sind nach § 19 nur 25% oder $\frac{1}{4}$ aller Schüsse als Treffer zu erwarten.

Aus den Treffähigkeitstabellen geht Folgendes hervor: 3) Folgerungen aus den Treffähigkeitstabellen

1.) Die Höhenabweichungen der Granaten nehmen bei gleichbleibender Ladung in mehr als proportionalem Verhältnis mit der Schußweite (Entfernung) zu.
2.) Die Höhenabweichungen sind bei den Gebrauchsladungen

am kleinsten; je kleiner die Ladung, desto mehr nehmen – bei gleichen Entfernungen – die Höhenabweichungen zu. Die größte Treffähigkeit im vertikalen Sinne haben die Geschütze mit großer Anfangsgeschwindigkeit, also mit großen Ladungsquotienten (lange oder schwere Kanonen); diese Eigenschaft kommt praktisch mehr zur Geltung, je größer die Entfernung ist, auf welcher man eine bestimmte Treffähigkeit verlangt.

3.) Die Längenabweichungen bleiben sich ziemlich gleich, wenn man bei demselben Kaliber mit verschiedenen Ladungen die gleichen Schußweiten erreicht (Mörser); bei den Kanonen stellt sich die Sache etwas mehr zu Gunsten der stärkeren Ladungen. (Der Einfluß verschiedener Kaliber auf die Treffähigkeit im vertikalen Sinn ist noch nicht genügend festgestellt, doch scheinen die größeren Kaliber den Vorzug vor den kleineren zu verdienen; vergl. später S... O...).

Bei der vergleichenden Beurteilung der Höhen- resp. Längenabweichungen dürfen selbstredend die Fallwinkel nicht außer Betracht bleiben. Bei einer sehr flachen Flugbahn muß eine geringe Abweichung im vertikalen Sinne schon einen bedeutenden Ausschlag in dem Abstande der Treffpunkte im Horizonte geben und umgekehrt.

4.) Seitenabweichungen (nicht zu verwechseln mit den konstanten Seitenabweichungen oder der Derivation) nehmen ebenfalls in größerem, als dem proportionalen Verhältnis mit der Schußweite zu.

5.) Die Seitenabweichungen bleiben sich gleich, wenn man bei demselben Kaliber mit verschiedenen Ladungen die gleichen Schußweiten erreicht; bei Erhöhungen über 10° hinaus fallen aber diese Abweichungen bei den kleineren Ladungen größer aus als bei den größeren; auch ist das Gesetz nicht gültig für Mörser, bei welchen dieselbe Schußweite mit gleichen Ladungen unter sehr verschiedenen Erhöhungen erzielt wird.

6.) Stellt man für ein bestimmtes Geschütz diejenigen Ladungen und Entfernungen zusammen, bei welchen

man gleich große Dellenwinkel erhält, so ergibt sich aus den bez. Angaben der Treffähigkeits-Tabellen, daß die Treffähigkeit im vertikalen Sinne bei den kleineren Entfernungen (Ladungen) die größere ist.

Will man die Höhe, Länge oder Breite finden, welche ein Ziel haben muß, gegen welches eine bestimmte Prozentzahl Treffer zu erwarten sein soll, so multipliziert man die, in der Treffähigkeits-Tabelle angegebene Zielhöhe z.B. für 50% mit dem in den Schußtafeln für diese Prozentzahl angegebenen Wahrscheinlichkeitsfaktor, z.B. — 4. Gebrauch der Treffähigkeits-tabellen.

Wie hoch muß ein Ziel sein, gegen welches man aus der 12 cm Broncekanone C/73 mit Granaten C/73 und 1 kg Ladung auf 1000 m 80% Treffer erhalten will?
Zielhöhe für 50% = 1,4 m; Wahrscheinlichkeitsfaktor für 80% = 1,9; also muß das Ziel 1,4 . 1,9 = 2,66 m hoch sein.

Will man für ein Ziel von bestimmter Höhe (Länge, Breite) erfahren, wie viel Trefferprozente man im gegebenen Fall zu erwarten hat, so dividiert man die betr. Abmessung des Ziels durch die entsprechende Ziffer für 50% und sucht den erhaltenen Quotienten in der Tabelle der Wahrscheinlichkeitsfaktoren auf; die nebenstehende Prozentzahl ist dann die gesuchte: z.B.

Wie viel % Treffer sind beim Beschießen eines 1,8 m hohen Zieles aus dem schw. Feldgeschütz C/73 mit Granaten auf 1800 m zu erwarten?
Zielhöhe für 50% = 2,1 m, mithin Faktor = $\frac{1,8}{2,1}$ = 0,86; demselben entsprechen 44% Treffer.

Von den nicht treffenden Schüssen (56%) wird die Hälfte (28%) vor dem Ziel aufschlagen, die andere Hälfte (28%) dagegen über dasselbe hinweggehen.

Will man die, gegen ein Ziel von bestimmter Höhe (Länge) und Breite zu erwartende Trefferzahl berechnen, so muß man die Trefferprozente für die Höhe (Länge) sowie für die Breite des Ziels, wie vorstehend angegeben, ermitteln und die erhaltenen Prozente (als Dezimalbrüche) miteinander multiplizieren, z.B.

Wie viel % Treffer sind beim Schießen aus dem 21 cm Mörser auf 2600 m mit 2,75 kg und 26° gegen ein horizontales

Ziel von 20 m Länge und 8 m Breite zu erwarten?

Ziellänge für 50% bei 2,75 kg und 26° = 31 m,
Zielbreite " " " " " " " = 4,1 m,
also Wahrscheinlichkeitsfaktor f. d. Länge $= \frac{20}{31} = 0{,}645$;
" " " Breite $= \frac{8}{4{,}1} = 1{,}95$; zum Faktor 0,645 gehören rund 33%, zu 1,95 ca. 81%, also hat man zu erwarten $0{,}33 \cdot 0{,}81 = 0{,}27$ oder 27% Treffer.

Wie bereits hervorgehoben, ist bei allen diesen Berechnungen vorausgesetzt, daß der mittlere Treffpunkt die richtige Lage erhält, d. h. in die Mitte der betreff. Zielfläche fällt. Ist dies nicht der Fall, so wird man beim Beschießen von Zielen bestimmter Größe auch weniger Treffer erhalten, als die vorstehenden Berechnungen angeben.

Z. B. Wie viel % Treffer sind beim Beschießen gegen ein 1,8 m und genügend breites Ziel (Infanterie in Linie) auf 1500 m mit dem schw. Feldgeschütz C/73 und Granaten zu erwarten, wenn der mittlere Treffpunkt <u>nicht in der Mitte des Ziels</u>, sondern <u>am Fuße desselben</u> liegt?

Das Ziel ist 1,8 m hoch. Gegen ein Ziel von doppelter Höhe, also 3,6 m, erhält man (wegen $\frac{3{,}6}{1{,}4} = 2{,}56$ Wahrsch.-Faktor für) 91,5% Treffer, gegen die obere Hälfte von 1,8 m Höhe also nur die Hälfte oder 46%. — Während man bei der Lage des mittl. Treffpunktes in der Mitte des Ziels 61,5% Treffer erhält ($\frac{1{,}8}{1{,}4} = 1{,}28$ = Wahrsch.-Faktor für 61,5%), darf man in diesem Falle nur auf 46% rechnen, büßt also 15,5% Treffer ein, d. h. $\frac{1}{4}$ aller Treffer gehen durch diesen Fehler verloren. (Die „Trefferwahrscheinlichkeit" verhält sich hier zur „Treffähigkeit" wie 3:4).

<u>2. Beispiel</u>: Wie viel % Treffer erhält man auf 2000 m mit dem schw. Feldgeschütz C/73 gegen eine Artillerie-Scheibe (1,8 m hoch und 2 m breit), wenn einmal der mittlere Treffpunkt in der Mitte und ein anderes Mal in einer Ecke liegt?

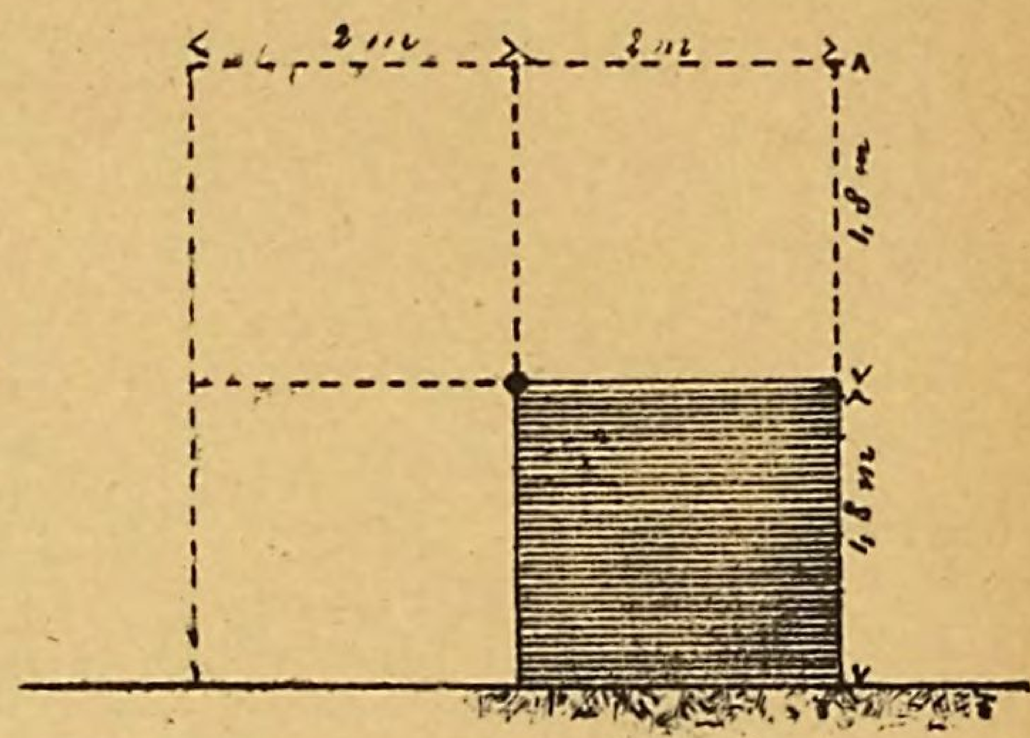
a) <u>Bei der Lage des mittl. Treffpunktes in der Mitte:</u>

Zielhöhe = 1,8;
Höhe für 50% = 2,6; } $w = \frac{1{,}8}{2{,}6} = 0{,}69$;

mithin sind nach der Höhe 35,7% zu erwarten.

Zielbreite = 2 m ;
Breite für 50% = 1,7 m } $w = \frac{2,0}{1,7} = 1,14$;
mithin und nach der Breite 56 %, im Ganzen also
0,35 . 0,56 = 0,199 oder rund 20 % Treffer zu erwarten.

b, <u>Wenn der mittlere Treffpunkt in einer Ecke liegt:</u>



Am einfachsten berechnet man die Treffer gegen ein Ziel von doppelter Höhe und Breite und nimmt von der erhaltenen Trefferzahl den 4ten Teil. Die Wahrscheinlichkeitsfaktoren sind:

$w = \frac{3,6}{2,6} = 1,38$, welchem 56 % Treffer und

$w_1 = \frac{4}{1,7} = 2,28$, " 88 % " entsprechen.

Diese Zahlen mit einander multipliziert gibt 0,65 . 0,88 = 0,56, also 56 %; gegen die Artilleriescheibe also $\frac{56}{4}$ = 14 %. Man büßt also 20 − 14 = 6 % Treffer ein oder die „Trefferwahrscheinlichkeit" ist auf $\frac{14}{20}$ oder 70 Prozent der „Treffähigkeit" reduziert.

Will man den <u>Einfluß</u> ermitteln, den ein <u>bestimmter Fehler in der Höhenrichtung</u> oder eine falsche Korrektur <u>auf die Treffähigkeit</u> eines Geschützes in einem gegebenen Falle äußert, so berechnet man zuerst die Abstände des mittleren Treffpunktes vom oberen und unteren Rande des Zieles bei der falschen Erhöhung, berechnet die Treffer-Prozente für 2 Zielflächen von der doppelten Höhe dieser Abstände und nimmt aus beiden Resultaten das arithmetische Mittel; alsdann gibt dies die Trefferzahl an, welche man bei der falschen Lage des mittleren Treffpunktes erhält z. B.

Wie viel % direkte Treffer büßt man ein, wenn beim Schießen mit der 12 cm Bronce-Kanone K/73 und Granaten K/73, 1,5 kg Ladung auf 1100 m gegen ein 3 m hohes Ziel eine um $\frac{1}{16}$° zu große Erhöhung genommen wird?

$\frac{1}{16}$° verlegt den Treffpunkt nach der Höhe um 1,2 m, der mittlere Treffpunkt wird also vom oberen Rande des Ziels 0,3 m, vom unteren 2,7 m abliegen. Gegen eine Scheibe von 2 . 0,3 = 0,6 m Höhe erhält man 34 % Treffer ($w = \frac{0,6}{0,9} = 0,66$); gegen eine solche von 2 . 2,7 = 5,4 m

Höhe erhält man 100 %, also zusammen $\frac{100+34}{2}$ = 67 % Treffer, die bei der fehlerhaften Lage des mittleren Treffpunktes noch zu erwarten sind (genügende Zielbreite vorausgesetzt). Die fehlgehenden 33 % der Schüsse müssen im vorliegenden Falle alle über das Ziel hinweggehen, da eine Zielhöhe von 2 . 2,7 = 5,4 m 100 % Treffer gibt, also Aufschläge vor der Scheibe nicht zu erwarten sind.

Bei richtiger Lage des mittleren Treffpunktes in der Zielfläche würde man 97 % Treffer erhalten ($w = \frac{3}{0,9} = 3,33$). Durch den Fehler in der Erhöhung wird also die Trefferzahl um 97 – 67 = 30 % vermindert.

Auf Grund derartiger Berechnungen kann man auch umgekehrt aus der Zahl der zu kurz resp. zu weit gehenden Schüsse folgern, ob das Geschütz die richtige Erhöhung hat. Schießt man z. B., wie oben angeführt, aus dem schw. Feldgeschütz K/73 auf 1800 m gegen ein 1,8 m hohes Ziel und erhält man 25 % zu kurz gehende Schüsse, so kann man daraus schließen, daß man richtig eingeschossen ist; wird die Zahl dieser zu kurzen Schüsse größer, so ist die Erhöhung zu klein, und umgekehrt. Dieses Verfahren wird in der Praxis (<u>bei Aufstellung der Schießpläne</u>) vorzugsweise benutzt und dient auch den <u>Schießregeln</u> zur Grundlage.

Liegen nämlich die Hälfte der Schüsse zu kurz, die Hälfte zu weit, so kann man im allgemeinen annehmen, daß der mittlere Treffpunkt im Ziel liegt, ergibt sich ein anderes Verhältnis, so liegt der mittlere Treffpunkt entweder vor oder hinter dem Ziel.

Es kommt also beim Einschießen z. B. nur darauf an, zu erfahren, <u>wie weit liegt der mittlere Treffpunkt falsch</u>, um die Größe einer allenfallsigen Korrektur bestimmen zu können. Andererseits ist dieses Korrekturmaß wieder begrenzt, einmal dadurch, daß nur Korrekturen von $\frac{1}{16}$° (= 25 m) möglich sind (: Quadranten, die solche von $\frac{1}{2}$/16° gestatten, sind nur bei den Geschützen mit großer Anfangsge-

schwindigkeit vorhanden) und dass durch das Erschießen der engen Gabel schon ungefähr ermittelt ist, wie die mittl. Flugbahn auf den Grenzen der engen Gabel liegt. Weiß man also, wieviel Kurz- resp. Weitschüsse bedingt sind bei einer um $\frac{1}{2}/16^{\circ}$ falschen Lage der Flugbahn, so übersieht man sofort, ob die Flugbahn um dieses oder ein größeres oder kleineres Maß falsch liegt.

Das Verfahren hiebei ist folgendes:

„Man ermittelt, wie viel % Treffer in den Raum
„gehen, welcher durch $\frac{1}{16}^{\circ}$ verlegt würde (dann liegt der
„mittlere Treffpunkt $\frac{1}{2}/16^{\circ}$ falsch). Die Hälfte der übrigen
„Schüsse liegt dann kurz, die andere Hälfte weit." —

Z. B. die mittlere Höhenstreuung des 12 cm K/73 mit Granaten K/73 auf 1000 m beträgt 0,8 m; $\frac{1}{16}^{\circ}$ verlegt den Treffpunkt auf dieser Entfernung um 1,1 m; daher $w = \frac{1,1}{0,8} = 1,37$; diesem Wahrscheinlichkeitsfaktor entspricht 64 %, es bleiben somit von 100 Schuss noch übrig 100 − 64 = 36 %, hievon gehen 18 % kurz und 18 % weit; in Summa also 64 + 18 = 82 % kurz und 18 % weit oder umgekehrt 82 % weit und 18 % kurz, oder als einfache Brüche ausgedrückt: $\frac{5}{6}$ kurz und $\frac{1}{6}$ weit oder umgekehrt.

Entfernung	Die Flugbahn liegt falsch um									Bemerkung
	1/2 Sechzehntel							1/4 Sechzehntel		
	12 cm K/73		Schr. 12 cm	K. 15 cm	15 cm		15 cm R.K.	Schr. 12 cm	15 cm R.K.	
	Grt	Grt K/73			Lggrt. 2,5 kg	Grt. 3,2				
1000	1/4	1/6	1/14	1/4	1/4	1/7	1/9	1/4	1/4	
1100	1/4	1/5	1/11	1/4	1/4	1/6	1/8	1/4	1/4	
1200	1/4	1/5	1/10	1/4	1/4	1/6	1/7	1/4	1/3	
1300	1/4	1/5	1/10	1/4	1/4	1/5	1/7	1/4	1/3	
1400	1/4	1/4	1/10	1/3	1/4	1/5	1/6	1/4	1/3	
1500	1/4	1/4	1/9	1/3	1/3	1/5	1/6	1/4	1/3	
1600	1/3	1/4	1/8	1/3	1/3	1/5	1/5	1/4	1/3	
1700	1/3	1/4	1/8	1/3	1/3	1/4	1/5	1/4	1/3	
1800	1/3	1/4	1/7	1/3	1/3	1/4	1/5	1/3	1/3	
1900	1/3	1/4	1/7	1/3	1/3	1/4	1/5	1/3	1/3	
2000	1/3	1/3	1/6	1/3	1/3	1/4	1/4	1/3	1/3	
2100	1/3	1/3	1/6	·	1/3	1/4	1/4	1/3	1/3	
2200	1/3	1/3	1/6	·	1/3	1/4	1/4	1/3	1/3	
2300	1/3	1/3	1/5	·	1/3	1/4	1/4	1/3	1/3	
2400	1/3	1/3	1/5	·	1/3	1/3	1/4	1/3	1/3	
2500	1/3	1/3	1/5	·	1/3	1/3	1/4	1/3	1/3	

§ 21.

Einfluss der Gestalt der Flugbahn auf die Treffwahrscheinlichkeit.

Die Gestalt der Flugbahn ist wesentlich bedingt durch ihre Krümmung, für die wir in dem Fallwinkel und dem davon abhängigen bestrichenen Raume einen Maßstab haben. Die Fähigkeit der Geschütze nun, durch die Rasanz der Flugbahn kleine Fehler beim Einschießen auszugleichen, haben wir im vorigen § als „relative Treffähigkeit" kennen gelernt. Je regelmäßiger und rasanter die Flugbahn ist, also je geringer die Streuungen und je kleiner die Fallwinkel sind, desto mehr wird getroffen. Im anderen Falle, so sind die Streuungen der Masse von Geschossen, wenn sie sich in engen Grenzen gesetzmäßig bewegen, z.B. Sprengstücke der Granaten und Schrapnells, die Geschoßgarbe der Masse der Infanteriegeschosse, welche mit dem gleichen Visier abgegeben werden (Trefferreihe), geeignet, jene in den jeweiligen Verhältnissen liegenden Mängel auszugleichen.

Denkt man sich 2 Geschütze, welche gleiche Höhenstreuungen, aber verschieden gekrümmte Flugbahnen haben, so ist ihre „Treffähigkeit" d.h. das zu erwartende Maximum der Trefferzahl gegen aufrechtstehende Ziele vollkommen gleich. Bei dem Geschütz mit der stärker gekrümmten Flugbahn ist wegen des größeren Fallwinkels zwar die Längenstreuung kleiner geworden, aber in demselben Maße ist auch die Ziellänge kleiner geworden. Sobald der mittlere Treffpunkt um mehr als die doppelte mittlere Längenstreuung vor oder hinter dem Ziele liegt, hört jede Trefferwahrscheinlichkeit auf. Gerade die geringe Längenstreuung wird die Ursache der geringen Trefferwahrscheinlichkeit, sobald das Einschießen nicht völlig gelungen ist. Kommt bei dem Geschütz mit gestreckter Flugbahn ein Fehler von der gleichen Größe vor – auf dem Horizont gemessen –, so wird zwar die dichteste Treffergruppe das Ziel nicht mehr treffen, immerhin wird die Trefferwahrscheinlichkeit nicht in dem Maße

verändert, wie bei dem Geschütz mit der gekrümmten Bahn. z. B.:

Das schw. Feldgeschütz hat auf 2000 m nach der Schußtafel eine Höhenstreuung von 2,6 m, einen Fallwinkel von $6\frac{8}{16}°$, der bestrichene Raum ist 17 m, die mittlere Längenstreuung 23 m. Sobald nun also der mittlere Treffpunkt in Folge fehlerhaften Einschießens um 46 m vor dem Ziel liegt, kann dasselbe nicht mehr getroffen werden.

Denken wir uns nun ein Geschütz mit gleicher Höhenstreuung, aber einem Fallwinkel von 10°, so wird der bestrichene Raum 10 m, die mittlere Längenstreuung 15 m. Bei diesem Geschütz hört jede Trefferwahrscheinlichkeit bereits auf, wenn der mittlere Treffpunkt 30 m vor dem Ziele liegt. Das schw. Feldgeschütz würde in diesem Falle noch 4 % Treffer haben.

Noch eklatanter zeigt sich die Überlegenheit des rasanteren Geschützes, wenn der Fehler weniger groß angenommen wird. Nach unseren Schießregeln und der Einrichtung unserer Feldgeschütze ist z. B. die Korrektur um 25 m die zulässig kleinste. Nehmen wir nun an, der mittlere Treffpunkt läge bei einem Schießen 12,5 m vor dem beabsichtigten Treffpunkt (Mitte des Ziels), so wird eine Korrektur um 25 m gar keinen Vorteil bringen können. Bei unserem Feldgeschütz liegt der mittlere Treffpunkt alsdann 4 m, bei dem anderen Geschütz dagegen 7,5 m vor dem Fuß des Ziels. Bei jenem beträgt die Trefferwahrscheinlichkeit 30 %, bei diesem nur 19 %. (Die Rechnung wird in der Weise ausgeführt, daß man zuerst berechnet, wie viel Treffer in den Raum vom mittleren Treffpunkt an bis zum Ende des bestrichenen Raumes fallen und davon die Zahl der Treffer subtrahiert, welche zwischen dem mittleren Treffpunkt und dem Fuß des Ziels liegen.)

Bei diesen Betrachtungen sind der Einfachheit wegen gleiche Höhenstreuungen vorausgesetzt; der Hauptvorteil flacher Bahnen liegt aber darin, daß sie auch geringere Höhenstreuungen mit Notwendigkeit nach sich ziehen.

Ein schlagendes Beispiel hierfür bieten der Vergleich unserer Feldgeschütze C/73 und der 9cm Stahlkanone C/61. Dieses letztere war ein für damalige Verhältnisse vorzüglich konstruiertes Geschütz von hervorragender Präzisionsleistung. Ihre Breitenstreuungen sind durchweg geringer als die unserer jetzigen Feldgeschütze; aber da ihre Flugbahn infolge des ungünstigen Ladungsverhältnisses sehr stark gekrümmt ist, so sind die Höhenstreuungen namentlich auf den großen Entfernungen erheblich größer.

Beiläufig bemerkt ist die Treffähigkeit der 9cm Kanone C/61 gegen sehr schmale Ziele z.B. Artilleriescheiben, größer als die des leichten Feldgeschützes C/73, wenigstens bis auf 1500m. Sobald aber der mittlere Treffpunkt nur um ein Geringes vor oder hinter das Ziel rückt, dreht sich das Verhältnis um. So beträgt z.B. auf 1500m die Treffähigkeit der 9cm St. K. C/61 gegen eine Artilleriescheibe (1,8m hoch, 2m breit) 43,5%, die des l. Feldgeschützes C/73 nur 39% Treffer. Liegt aber der mittlere Treffpunkt nur um 10m vor oder hinter der Mitte des horizontalen Zieles, so reduziert sich die Trefferwahrscheinlichkeit der 9cm Kanone auf 33% (Verlust 10%) Treffer, die des l. Feldgeschützes C/73 auf 34% (Verlust nur 5%).

Die Abhängigkeit der Stabilität der Treffachse und somit der Treffähigkeit von der Rotationsgeschwindigkeit und Schwerpunktlage des Geschosses ist schon im § 6 näher erörtert.

Haben 2 Waffen gleiche Einfallwinkel, aber verschiedene Höhenstreuung, so ist bei gleicher Zielhöhe der Raum, in dem alle Schüsse aufgefangen werden, also treffen, am größten bei der Waffe mit der geringsten Streuung. Dieser Vorteil wird nicht nur durch die Konstruktion der Waffe, sondern auch, und zwar vorzugsweise, durch gute Bedienung und Handhabung, rationelles Korrekturverfahren und überhaupt durch eine gute Schießausbildung erreicht, die deshalb bei Verwendung von Massenfeuer ebenso notwendig ist, als beim Feuer einzelner Geschütze oder Schützen.

Über den Vorzug der Geschütze mit stark gekrümmten Flugbahnen, Ziele hinter Deckungen zu treffen, siehe den nächsten §, Ziff. III

§ 22.

Umstände, welche auf die Treffähigkeit einwirken.

Die Elemente, welche auf die Treffähigkeit gezogener Geschütze einwirken, sind:

I.) das Geschütz,
II.) die Munition,
III.) das Ziel und das Terrain,
IV.) die Witterung,
V.) die Bedienung,
VI.) das Bestimmen der Entfernung,
VII.) die Beobachtung und
VIII.) die Korrektur.

I.) Das Geschütz.

Beim Geschütz kann sowohl das Rohr, als auch die Laffete von Einfluß werden.
Beim Rohr kommt in Betracht:

a) das Material,
b) das Kaliber,
c) die Konstruktion und
d) die Beschaffenheit desselben.

ad a.) Das Material des Rohres kann zunächst insofern einen nachteiligen Einfluß auf die Treffähigkeit ausüben, als durch dasselbe die Verschmutzung und Verbleiung der Seele befördert, und dadurch die Führung unsicher und die Schußweite verkürzt wird.
Die Erfahrung hat gezeigt, daß bronzene Rohre, namentlich bei kleinen Ladungen, und trockenem, warmem Wetter leichter verschmutzen als gußeiserne und diese wieder etwas mehr als gußstählerne. Als die wesentlichsten Gründe für die starke Verschmutzung der Bronzerohre sind hervorzuheben, die größere Weichheit des Metalls, die rauhere Oberfläche der Seele in Folge Ausseigerung von Zinn, und die stärkere Verwandtschaft des Bleis zur Bronze.
Ferner brennen bronzene Rohre rascher aus und können

bei einem derartig weichen Material bald solche Beschädigungen in der Seele (durch Ausbrennungen, Kugelanschläge, feindliches Feuer) entstehen, welche die Präzision nachteilig beeinflussen.

ad b.) In Bezug auf das Kaliber ergibt sich aus den Treffähigkeits-Tabellen, dass mit der Zunahme desselben die Seitenabweichungen, nicht aber die Höhenabweichungen abnehmen. Der Grund für diese Verringerung der Seitenabweichungen ist zum Teil darin zu suchen, dass der Einfluss des Luftwiderstandes auf das Geschoss verhältnismässig um so kleiner ist, je grösser die Querschnittsbelastung, also das Kaliber wird.

ad c.) Bei der Konstruktion und Einrichtung der Geschütz-Rohre kommt in Betracht

der Ladungsraum,
der gezogene Teil der Seele,
das Zündloch und die Liderung,
die Visiereinrichtung.

Beim Ladungsraum ist hauptsächlich von Einfluss:

die Grösse,
die Lage desselben zum gezogenen Teil der Seele und
der Übergang in diesen.

Beim gezogenen Teil der Seele ist von Einfluss:

der Drall,
die Art und die Anzahl der Züge,
der Durchmesser und
die Länge desselben.

Das Zündloch äussert, namentlich bei normaler Beschaffenheit, keinen nennenswerten Einfluss auf die Treffähigkeit. Es kann dabei in Betracht kommen

die Stellung und
der Durchmesser desselben.

Durch diese beiden Faktoren wird sowohl die Entzündung und Verbrennung, also auch die Kraftäusserung des Pulvers beeinflusst, als auch das Bucken hervorgerufen, welches die Ursache der Abgangsfehler ist.

Durch mangelhafte Liderung entweichen Gase d.h. sie schlagen durch oder vorbei und sind (dem Ver-

schlußklemmungen abgesehen) die Veranlassung zu starker Verschmutzung und Ausbrennungen.

Bei der Visiereinrichtung kommt in Betracht:

das Korn,
der Visiereinschnitt,
die Länge der Visierlinie,
die Eintheilung und sonstige Einrichtung des Aufsatzes,
die Konstruktion des Quadranten und
die Art der Anbringung desselben am Rohr.

Näheres über diese Konstruktions-Details ist im I. Teil der Artillerielehre: „Geschützrohre, Verschlüsse und Liderungen" enthalten. Nur bezüglich der Visiereinrichtungen sei bemerkt, daß, wo Zeit und Umstände ein sorgfältiges und genaues Richten gestatten, die Visiereinrichtung auf die gute Richtung, also auf die Treffwahrscheinlichkeit keinen bedeutenden Einfluß ausüben; dagegen wird sich der Einfluß der verschiedenen Visiereinrichtungen dort sehr bemerklich machen, wo das Nehmen der Richtung wesentlich erschwert wird, so z. B. wenn das Ziel gedeckt oder in Bewegung ist, bei Nacht oder ungünstiger Beleuchtung, auf große Entfernungen und dgl. – (: Vide ad V :) Es werden dann Fehler entstehen, die bei verschiedener Visiereinrichtung eine verschiedene Größe haben werden.

Das Korn wird im Allgemeinen das Nehmen der Richtung erleichtern, wenn es groß und freistehend ist, sich möglichst scharf markirt und keine Reflexe begünstigt, durch welche das richtende Auge geblendet wird. – Die Größe des Kornes ist zweckmäßig, wenn sie im richtigen Verhältnis zur Größe des Visiereinschnittes und zu der Entfernung des Auges von demselben beim Richten steht.

Der Visiereinschnitt erleichtert schnelles und genaues Richten wesentlich, wenn er nicht zu breit ist, und Reflexe dadurch möglichst verringert werden.

Die Länge der Visierlinie ist insofern von Einfluß auf die Treffwahrscheinlichkeit, als Fehler oder Ungenauigkeiten, welche beim Richten nie ganz zu vermeiden sein werden, um so größer, d. h. nachtheiliger sind, je kürzer die Visierlinie ist.

Die Eintheilung und sonstige Einrichtung des Aufsatzes muß Irrtümer möglichst ausschließen, feine Korrekturen ermöglichen, ein genaues Feststellen begünstigen und dies so bewirken lassen, daß sich der festgestellte Aufsatz während des Schießens nicht leicht oder unbemerkt verändern kann.

Das Gleiche gilt für den Libellenquadranten; die Vorrichtung zum Gebrauch desselben von der Bettung aus (: Quadrantenwinkel:) ist insofern einer guten Richtung günstig, als sich der Richtende nicht dem feindlichen Feuer zu exponieren braucht und dadurch ruhiger und gewissenhafter in Ausübung seiner Funktion bleibt.

ad d.) Die Beschaffenheit des Rohres ist von größtem Einfluß auf die Treffwahrscheinlichkeit. Es kommen dabei in Betracht:

Verschiedenheiten in den Abmessungen,
Verschmutzung der Seele und
Erwärmung des Rohrmetalls.

Selbst bei ganz neuen Rohren, von derselben Konstruktion und Einrichtung, ist eine absolute Identität nicht zu erreichen. Es werden dabei immer noch gewisse Verschiedenheiten (–„Toleranzen"–) vorkommen; sie werden aber bei sehr sorgfältiger Anfertigung und Untersuchung auf ein so geringes Maß zurückgeführt werden können, daß sich daraus allein nur selten wesentliche Einflüsse in Bezug auf die Schußweite und die Streuung der Geschosse ergeben werden.

Rohre, welche bei der Aufnahme Mängel gezeigt haben, welche ihre Treffähigkeit zweifelhaft erscheinen lassen, werden in Bezug darauf mit Granaten und der Gebrauchsladung angeschossen.

Bei schon gebrauchten Rohren wird der gezogene Teil der Seele von besonderer Bedeutung, dann in zweiter Linie Erweiterungen und Verlängerungen des Ladungsraumes, Ausbrennungen des Zündlochs und der Liderungsflächen u.s.w.

Die Veränderungen im Ladungsraume werden nur dann von Bedeutung für die Anfangsgeschwindigkeit und Streuung der Geschosse werden, wenn eine merkliche Vergrößerung des Verbrennungsraumes dadurch

entsteht, und die Geschosse infolge dessen oder durch entstandene Ausbrennungen, besonders im untern Teil des Ladungsraumes, eine wesentlich andere Lage in demselben erhalten.

Die Erweiterung der *Zündlöcher* erzeugt einen Verlust an Pulvergas, welcher im Quadrat des Durchmessers wächst; es entsteht aber durch eine solche Erweiterung kein großer Nachteil für die Treffwahrscheinlichkeit, weil sich dieselben bei ein und demselben Schießen konstant geltend macht und nur sehr selten merklich vergrößern wird.

An der *Visiereinrichtung* können verschiedene Beschädigungen vorkommen, welche ein genaues Richten beeinträchtigen. Sind diese Beschädigungen derart, daß dabei ein *gleichmäßiges* Richten nicht zu schwierig wird, wie z. B. bei manchen Beschädigungen des Korns, so ist der Nachteil für die Treffwahrscheinlichkeit nicht bedeutend, indessen wird es sich doch empfehlen, eingetretene Beschädigung der Visiereinrichtung sobald als möglich zu beseitigen.

Am *gezogenen Teil der Seele* wird bei längerem Gebrauch des Rohres der Durchmesser nach und nach, besonders bei weichem Material, und namentlich in den Feldern vergrößert und dadurch die Geschosse schlecht geführt. Außerdem entstehen bei längerem Gebrauch, namentlich bei bronzenen Rohren, oft sehr bedeutende Beschädigungen der Felder und Züge durch Ausbrennungen, Einwirkungen des Vorstecks und der Kartätschkugeln, im Rohre gesprungene oder beschädigte Geschosse etc., die aber erfahrungsmäßig keinen sehr nachteiligen Einfluß auf die Treffwahrscheinlichkeit der Geschütze ausüben, wenn sie nicht in der Nähe des Geschoßeintritts in die Züge, oder in der Nähe der Mündung liegen, und keine hervorstehende Ränder etc. haben (Vergl. hierüber Artillerielehre und Revisionsdienst S. 100 sub D „*Veränderungen der Geschützrohre durch den Schießgebrauch*"). Entstehen bei gebrauchten Rohren durch eingetretene Beschädigungen Zweifel an ihrer genügenden Treffähigkeit, so werden sie in derselben Weise angeschossen, wie dieses oben für neue Rohre angeführt ist.

Die *Verschmutzung der Seele* ist besonders abhängig

von

der Beschaffenheit des Pulvers,
der Grösse der Ladung,
dem Gewicht der Geschosse und dem Führungsmaterial derselben,
der Temperatur und Witterung,
der Schnelligkeit des Feuers und Dauer des Schiessens,
endlich von der Behandlung des Geschützes dabei.

Was den Einfluss der Ladung und der Geschosse auf die Verschmutzung betrifft, so gestalten sich die Verhältnisse dabei, wenn man von der Beschaffenheit des Pulvers (vide unter Ziff. 2 dieses §) absieht, um so ungünstiger, je kleiner die Ladung im Verhältnis zum Geschossgewicht, oder dem Widerstande ist, den das Geschoss der Pulverkraft entgegensetzt.

Geschosse mit Weichbleimantel verbleien die Seele stärker als solche mit Hartblei; Kupferführung ist in dieser Beziehung am besten. Sehr vorteilhaft erweist sich als Schutzmittel gegen zu starke Verschmutzung der Preßspahnboden bei den Rohren mit Kolbenverschluss, wenn er nämlich nach jedem Schuss nicht hinten herausgenommen, sondern nach vorn mit dem Wischer durchgestossen wird

Die Temperatur und Witterung: Je höher die Temperatur und je trockner die Luft ist, desto fester wird der Rückstand, desto trockner und härter die Kruste, die sich dabei bildet, und desto nachteiliger wirkt dieselbe beim Schießen ein

Die Schnelligkeit des Feuers und die Dauer des Schiessens. Je schneller das Feuer und je länger geschossen wird, desto stärker wird die Verschmutzung der Seele, besonders auch deshalb, weil sich das Rohr dabei um so mehr erwärmt, und dadurch noch der Einfluss hoher Temperatur auf die Verschmutzung hinzutritt.

In Bezug auf die Behandlung des Geschützes beim Schiessen erscheint es am vorteilhaftesten, die entstehende Verschmutzung bei jedem Schuss dadurch möglichst fortzuschaffen, dass man die sich bildende Kruste aufzulösen versucht. Dies geschieht am besten mit Seifenwasser, welches daher bei Festungs- und

Belagerungsgeschützen zum Anfeuchten der Wischer benutzt wird, wobei es sich herausgestellt hat, daß man auf diese Weise lange schießen kann, ohne einer andern Reinigung zu bedürfen. (Vergl. hierzu „Anleitung für die Bedienung der Festungs- und Belagerungsgeschütze" §§ 36-39, S. 69 u. ff.)

Bei Feldgeschützen, für welche man bei uns die Anwendung des Seifenwassers nicht als zulässig erachtet, tritt an diese Stelle das Einfetten mit Glycerin, welches den Pulverrückstand zwar weniger als Seifenwasser, aber besser als Maschinenschmiere, auflöst.

Durch die Verschmutzung des Ladungsraumes entsteht zunächst eine Verringerung des Verbrennungsraumes und dadurch eine Vergrößerung der Kraftäußerung des Pulvers. Außerdem kann dabei das Vorschieben des Geschosses in den gezogenen Teil geringer ausfallen. Gegen die Seelenachse wird das Geschoß, bei verschmutztem Ladungsraum, auch verschiedene Lagen erhalten, wodurch die Richtung der Achse der Pulverkraft auf das Geschoß modifiziert, und die Abweichung von der zentralen Führung desselben veranlaßt wird.

Die Verschmutzung des gezogenen Teiles erzeugt im allgemeinen eine größere Reibung und dadurch dem durch die Seele sich pressenden Geschoß einen größeren Widerstand. Dieser Widerstand kann eine Größe erreichen, bei welcher die Führungsteile beschädigt, Stücke von Bandreifen abgebrochen, oder die Geschosse im Rohre gänzlich zerdrückt werden.

Die Einflüsse, welche dabei die Kraftäußerung des Pulvers (durch den größeren Widerstand der Geschosse zu) erhöhen, werden dadurch nicht nur aufgehoben, sondern es entsteht oft, neben einer größeren Anstrengung des Rohres, noch eine erhebliche Verkürzung der normalen Schußweite.

Erwärmung des Rohrmetalls.

Durch Erwärmung des Rohrmetalls wird die Spannung der Pulvergase, also die Kraftäußerung des Pulvers, und damit auch die Geschwindigkeit der Geschosse vermehrt.

Ob und in wie weit dabei auch die durch die Erwärmung stattfindende Erweiterung der Seele von Einfluß wird, ist

bisher noch nicht ermittelt worden. Wahrscheinlich wird dieser Einfluß so unbedeutend sein, daß man ihn vernachlässigen kann.

Verschmutzung und Erwärmung des Rohres arbeiten einander also gewissermaßen entgegen, und wird der Einfluß der letzteren nur ausnahmsweise da merklich werden, wo bei anhaltendem und schnellem Feuer eine <u>starke</u> Erwärmung des Rohres eintritt.

<u>Die Laffete.</u>

Die Laffete ist in Bezug auf die Treffwahrscheinlichkeit des Geschützes von bedeutend geringerem Einfluß als das Rohr. Es kommt dabei nur vorzugsweise in Betracht:

das Nehmen der Richtung,

das Beibehalten derselben beim Abfeuern und

das leichte Wiederfinden beim fortgesetzten Schießen.

Hat man geübte Bedienungsmannschaften und genügend Zeit zum <u>Nehmen der Richtung</u>, so wird man selbst dann, wenn durch die Vorrichtungen der Laffete das Richten nicht besonders begünstigt ist, doch im Stande sein, die Richtung überhaupt ausreichend genau zu nehmen, wie dies bereits oben, in Bezug auf die Visireinrichtung des Rohres, hervorgehoben worden ist.

Sind die betreffenden Mannschaften aber nicht gehörig geübt, sind die Umstände für das Nehmen der Richtung schwierig, wie dies beim Ernstgebrauch in der Regel der Fall sein wird, dann werden die Vorrichtungen zum leichteren, bequemeren und schnelleren Nehmen der Richtung zur Geltung kommen.

Für das <u>Nehmen der Seitenrichtung ist</u>, namentlich unter schwierigen Verhältnissen, und wo es auf große Genauigkeit ankommt, (z. B. beim Demontiren) eine bedeutende Gewandtheit der Bedienung erforderlich, wenn nicht viel Zeit und Mühe darauf verwandt, oder an der nothwendigen Genauigkeit eingebüßt werden soll, weil hierbei 2–3 Mann entsprechend zusammenwirken müssen.

In Bezug auf die <u>Höhenrichtung</u> entsteht aus der Einrichtung der Laffete keine solche Schwierigkeit, weil hier selbst bei schweren Geschützen, wo die Richtspindel für

gewöhnlich durch eine andere, als die eigentlich richtende Nummer besorgt wird, die seine Höhenrichtung doch durch die erwähnte Nummer selbst bewirkt werden kann.

Eine Veränderung der Richtung beim Abfeuern kann durch das Abziehen unserer Schlagröhren bewirkt werden, wobei entweder das ganze Geschütz, oder nur das Rohr aus der Richtung gezogen wird. Das Erstere ist der Fall, besonders bei leichten Geschützen, wenn sie auf glattem Boden z. stehen, z. B. beim 9cm Mörser. Das Herausreißen des Rohres allein aus der Richtung durch das Abfeuern mit Schlagröhren kann besonders bei den Feldgeschützen und allen leichten Rohren dann vorkommen, wenn die Schildzapfen derselben zu viel Spielraum zwischen den Laffetenwänden haben.

Das leichte Wiederfinden der Richtung beim fortgesetzten Schießen wird von besonderer Bedeutung, wo es sich um schnelles Feuer handelt, und wo dieses Wiederfinden besondere Schwierigkeiten verursacht, wie dies namentlich beim nächtlichen Feuer der Fall ist. Hiebei ist auch wieder die Seitenrichtung von der Höhenrichtung zu unterscheiden. Während letztere jederzeit mit dem Quadranten ausreichend genau genommen werden kann, haben zum Festhalten und Wiederfinden der Seitenrichtung nur unsere Belagerungsgeschütze in den Richtlatten geeignete Vorrichtungen.

II.) Die Munition.

Hiebei kommen in Betracht:

a) die Geschosse,
b) die Ladung und
c) die Zündung.

ad a) Bei den Geschossen ist von großer Wichtigkeit die rationelle Konstruktion derselben, welcher sich jedoch bei der Ausführung solche Schwierigkeiten entgegenstellen, daß man meistentheils zufrieden sein muß, wenn auf dem Wege unzähliger Versuche Konstruktionen gefunden werden, welche im Allgemeinen günstige Resultate ergeben.

Die Treffwahrscheinlichkeit wird durch die Geschoßkonstruktion erhöht durch entsprechende Annahme einer <u>regelmäßigen</u> Bewegung <u>im Rohr</u> und Beibehaltung derselben <u>während des Fluges</u>. Es kommt hierbei in Betracht:

die Form des Geschosses, besonders der Spitze,
die Geschoßlänge,
der Durchmesser am Boden,
die Länge,
die Massenverteilung resp. die Metallstärken,
die Schwerpunktslage,
die Vorrichtungen zum Centrieren und Führen der Geschosse in den Zügen,
das Geschoßmaterial.

Für den praktischen Artilleristen und speziell für den Feuerwerker hat dieser Gegenstand weniger Bedeutung, als die Betrachtung derjenigen Verhältnisse, welche bei den im Gebrauche befindlichen Geschossen durch ihre <u>Einrichtung</u>, <u>Anfertigung</u> und <u>Beschaffenheit</u> (Revision) auf die Treffwahrscheinlichkeit einen Einfluß auszuüben im Stande sind.

Es ist hierbei zu unterscheiden:
a, der Eisenkern, b, der Bleimantel resp. die Kupferringe und c, das mit Bleimantel ec. versehene Geschoß.

<u>ad a</u>, beim <u>Eisenkern</u> kommen dieselben Elemente in Betracht, welche für die ganze Geschoßkonstruktion überhaupt maßgebend sind.

In Bezug auf die <u>äußere Form</u> werden, bei Beobachtung des für die Untersuchung der Eisenkerne vorgeschriebenen Verfahrens (: s. Kriegsfeuerwerkerei, V Abschnitt :) keine solche Differenzen vorkommen, die von wesentlicher Bedeutung für die Wahrscheinlichkeit des Treffens sein können, besonders da, wo die Eisenkerne später noch mit Blei umgossen werden.

Aus dem <u>Gewicht der Eisenkerne</u> können sich, in Bezug auf Treffwahrscheinlichkeit keine wesentlicheren Einflüsse ergeben, denn die in der Kriegsfeuerwerkerei für Eisenkerne von verschiedenem spezifischen Gewicht des Gußeisens bei den gestatteten Minimal- und Maximalabweichungen angegebenen Differenzen sind nicht unerheblich.

Die möglichste Identität des Gewichts aller Individuen einer und desselben Geschoßmodells ist aber für eine gleichmäßige Bewegung im Rohr und außerhalb desselben Hauptbedingung, denn nach früherem verhalten sich die Anfangsgeschwindigkeiten umgekehrt wie die Quadratwurzeln aus den Geschoßgewichten; dies aber macht bei den normierten Toleranzen schon 3 - 4 % der Anfangsgeschwindigkeit aus.

Die Massenverteilung ist bei den Eisenkernen für Vollgeschoße nur abhängig von der gleichen Dichtigkeit des Eisens resp. den porösen Stellen, Blasen und Gallen, wie sie sich im Innern gegossener Gegenstände oft vorfinden; bei den Eisenkernen für Granaten und Shrapnels aber auch noch von der Lage der Höhlung im Innern. Fällt die Achse der Höhlung nicht mit der Achse des Eisenkernes zusammen, so erhält man excentrische Eisenkerne. Versuche haben gezeigt, daß dadurch die Treffwahrscheinlichkeit nicht wesentlich beeinträchtigt wird.

ad b.) Der Bleimantel ist sowohl als Material zur Führung der Geschoße im Rohr, als auch in Bezug auf Massenverteilung und Angriff des Luftwiderstandes auf abgerissene und hervorstehende Teile desselben von großem Einfluß auf die Treffwahrscheinlichkeit. Es sind hiebei 2 Arten zu unterscheiden, die sich verschieden verhalten, nämlich: der dicke oder umgegossene und

der dünne oder angelötete Bleimantel

Die Anfertigung der letzteren erfolgt in der k. Geschoßfabrik und wird dabei mit solcher Sorgfalt und Genauigkeit verfahren, daß für gewöhnlich keine solche Verschiedenheiten entstehen werden, aus welchen nachteilige Einflüsse auf die Treffwahrscheinlichkeit abgeleitet werden können.

Durch das Abdrehen wird nicht nur die Oberfläche dieser Bleimäntel gleichmäßig glatt hergestellt, sondern es werden auch die Durchmesser derselben so reguliert, daß nur ganz minimale Differenzen gestattet sind. Erwähnt mag nur noch werden, daß man beim Übergang vom älteren zum neueren Geschützsystem (: Anfang der 70 ger Jahre) zugleich wesentlich größere Anfangsgeschwind-

igkeiten als früher annehmen, welche behufs zuverlässiger und sicherer Führung der Geschosse in den Zügen ein härteres Metall, als Weichblei, erheischten. Dies wurde nach längeren Vergleichsversuchen in dem sog. *Hartblei* gefunden.

Anders verhält es sich mit den *dicken Bleimänteln*, welche in den Artillerie-Laboratorien angefertigt werden. Für dieses Verfahren sind zwar ausführliche Vorschriften vorhanden, welche solche Verschiedenheiten möglichst ausschließen sollen, aus denen nachtheilige Einflüsse auf Treffwahrscheinlichkeit entstehen könnten, indes liegt es schon in der Natur der Verhältnisse, daß in den verschiedenen Festungs-Laboratorien nicht mit derselben Sachkenntniß und Genauigkeit gearbeitet werden kann, wie in den technischen Instituten der Artillerie, wo geeignetere Kräfte und Mittel zur Verfügung stehen. Es müssen daher für die in den Laboratorien anzufertigenden Bleimäntel schon größere Toleranzen statthaft sein. Von besonderer Bedeutung sind bei der Ausführung des Umgießens, wobei manche schädliche Verfahren nicht zu vermeiden sein werden,

die Beschaffenheit des Bleies selbst,
die Behandlung desselben,
die Behandlung der Eisenkerne,
die Beschaffenheit und Behandlung der Umgußformen,
die Revision der umgegossenen Eisenkerne.

In Bezug auf die *Beschaffenheit des Bleies* ist besonders die *Härte* desselben von Einfluß. – Die Erfahrung hat gezeigt, daß schon verschossenes und wieder umgeschmolzenes Blei in Folge der Verunreinigung mit Bleioxyd härter ist und in die Züge weniger leicht eintritt, als frisches Blei; es ist daher für die Laboratorien die Bestimmung getroffen, daß, wenn beim Umgießen von Eisenkernen auch alte Kugeln und Bleimäntel bereits verfeuerter Geschosse benutzt werden sollen, davon höchstens 25% zum Mantelblei genommen werden darf, und daß dabei ein öfteres Abbrennen von sich auf dem geschmolzenen Blei und ein kräftiges Durcharbeiten desselben, auch während der

Arbeit, nicht vernachlässigt werden darf. Zum Umgießen von Eisenkernen, die zum Anschießen gezogener Geschütze in bezug auf Treffwahrscheinlichkeit verwendet werden sollen, darf nach der Anschießinstruktion nur mit dem Hüttenstempel versehenes Muldenblei genommen werden.

Die Temperatur des geschmolzenen Bleies muß einen bestimmten hohen Grad erreichen; damit die Formen gleichmäßig ausgefüllt, und die Bleimäntel überhaupt gleichmäßig und gut werden.

Bei der Behandlung der Eisenkerne kommt es besonders darauf an, daß dieselben auf der Oberfläche gehörig gereinigt und richtig angewärmt werden. – Sind die Eisenkerne nicht richtig angewärmt, so haftet der Bleimantel daran nicht fest. Es kann dabei durch den Widerstand im Rohr ein teilweises Abreißen desselben eintreten, wodurch, abgesehen von der Einbuße an Treffähigkeit, auch noch – namentlich bei Schießübungen – leicht Unglücksfälle herbeigeführt werden.

Unter Umständen kann bei solchen Bleimänteln selbst ein Zerdrücken des Geschosses im Rohre, oder durch den sich zurückschiebenden Bleimantel ein festeres Eingreifen des Geschosses in die Züge, und eine viel höhere Gasspannung als gewöhnlich eintreten.

Ebenso nachteilig kann es werden, zu stark erhitzte Eisenkerne zu umgießen, weil das Blei an diesen auch nicht festhaftet, und bei dem aus der Form entfernten Geschosse am Bodenreifen manchmal teilweise abfließt, so daß hier hohle Stellen entstehen, durch welche eine gute Führung des Geschosses beeinträchtigt wird.

Die mit großer Genauigkeit angefertigten Umgießformen müssen nicht nur mit Sorgfalt schonend behandelt, und in bezug auf die vorgeschriebenen Abmessungen kontrolliert werden, sondern es wird auch notwendig, sie ähnlich wie die Eisenkerne anzuwärmen, und darauf zu achten, daß nicht, durch Unachtsamkeit und unrichtige Behandlung, mehr oder weniger unbrauchbare Bleimäntel entstehen.

Werden die Formen nicht rein und gut schließend erhalten, so können sich dadurch Bleimäntel von größerem als dem normalen Durchmesser ergeben. Auch durch das Einlegen der Eisenkerne in die Form kann, selbst bei ganz normalen Abmessungen derselben, in Folge des notwendigen Spielraums, eine gewisse Exzentrizität des Bleimantels entstehen.

Zur Revision der umgegossenen Eisenkerne gehört viel Sachkenntnis und Erfahrung, da die Brauchbarkeit derselben hauptsächlich nach dem äußern Ansehen beurteilt werden soll. Auf zu große Durchmesser kann man aus der Stärke der vorhandenen [illegible] Bärte schließen.

Bei der für diesen Fall vorgeschriebenen Untersuchung der Geschosse mit der Geschoßlehre sind immer noch merkliche Differenzen der Durchmesser möglich; mit dem Durchmesser des Bleimantels wächst aber der Widerstand, den das Geschoß beim Durchgehen durch den gezogenen Teil des Rohres erzeugt, auch entsteht dadurch eine Verkürzung des Verbrennungsraumes, da das dickere Geschoß beim Ansetzen weniger weit in den Übergangskonus hineingeschoben wird.

Was nun die Kupferführung anbelangt, so verdankt diese neueste Einrichtung unserer Geschosse ihre Annahme folgenden Umständen:

Zunächst wurde für die Kombination sehr großer Anfangsgeschwindigkeiten mit steilen Drallwinkeln die Widerstandsfähigkeit des Hartbleies nicht als ausreichend angesehen. Ferner gewährt das Kupfer den Vorteil, daß es sich in einzelnen Bändern oder Drähten fest und dauerhaft am Eisenkern des Geschosses anbringen läßt, was beim Hartblei nicht in gleichem Maße der Fall ist; vielmehr erfordert dies behufs haltbarer Befestigung der Führung in der Regel einen vollen durchgehenden Mantel, der natürlicher kostspieliger ausfällt, als ~~die~~ einzelnen Kupferringe (?). Endlich hat das Hartblei einen so niedrigen Schmelzpunkt (265° C), daß die Gefahr eines teilweisen Abschmelzens des Bleimantels im Rohr durch die Stichflamme des Pulvers nahe liegt. Auch ist es bei der sehr verschiedenen Verdampfungsfähigkeit der 3 Legierungsbestandteile schwierig, das geschmolzene Hartblei während

des Bleimantels stets in der richtigen Zusammensetzung zu erhalten; zudem entstehen bei diesem, nur auf heißem Wege ausführbaren Ummantelungs-Verfahren leicht Wärmerisse in den Eisenkernen, welche deren Haltbarkeit gefährden, während die Kupferringe lediglich kalt aufgebracht werden.

Auf der anderen Seite dürfen aber auch die zu Gunsten der Kupferführung sprechenden Verhältnisse nicht unberücksichtigt bleiben. Vermöge ihrer größeren Härte und Festigkeit wird durch die Arbeit des Einschneidens der Felder in die Führung ein beträchtlicher Teil der Pulverkraft verbraucht, daher, unter sonst gleichen Umständen, eine geringere Anfangsgeschwindigkeit erzielt, als bei der Bleiführung und in entsprechendem Verhältnis auch die Haltbarkeit des Rohrkörpers stärker in Anspruch genommen. Der Bleimantel, selbst der dünne, schützt ferner die Seelenwandungen einigermaßen gegen Beschädigungen durch Sprengstücke, wenn Geschosse im Rohr zerschellen oder zerspringen, während die Kupferringe in diesem Falle selbstredend keinerlei Schutz gewähren können. Zur gesicherten Verbindung der Ringe mit dem Geschoß ist endlich die Anbringung von Nuten oder Rillen im Eisenkern unerläßlich; dies hat eine, beim Bleimantel nicht vorkommende Schwächung der Wandungen zur Folge und muß mittelst entsprechender Zugüsse im Innern der Kammer, wodurch deren nutzbarer Raum verkleinert wird, wieder ausgeglichen werden.

Beim fertigen Geschoß ist von Bedeutung

die Form,
das Gewicht und
die Massenverteilung.

Bei der Form kommt in Betracht:

der Durchmesser des Geschosses,
die Länge und
Spitze desselben.

Beim Durchmesser des Geschosses handelt es sich vorzugsweise um den Durchmesser über den Wülsten des Bleimantels resp. über die Kupferringe. Das hierauf bezügliche ist bereits oben erörtert worden.

Die Länge des Geschosses ist besonders in Verbindung mit der Metallverteilung in demselben (Exzentrizität), mit Rücksicht auf die Schwerpunktslage, gegen die Resultante des Luftwiderstandes von Einfluß und kann dadurch namentlich eine verschiedene Abweichung und Streuung entstehen.

Die Form der Spitze ist insofern von Einfluß, als dadurch der Luftwiderstand mehr oder weniger günstig überwunden wird; indes ergibt sich daraus bei geringer Verschiedenheit keine erhebliche Veränderung der Schußweite und kann dieser Umstand als unwesentlich bezeichnet werden, da bei ein und derselben Geschoßart wesentliche Verschiedenheiten in der Form der Spitze nicht vorkommen.

Das Gewicht der Geschoße ist von besonderem Einfluß auf die Geschwindigkeit, welche denselben durch die Pulverkraft erteilt wird, und auf die Überwindung des Luftwiderstandes.

In ersterer Beziehung wird dem schwereren Geschoß im allgemeinen eine geringere Geschwindigkeit erteilt, die Schußweite also verringert; in letzterer Beziehung ist das schwerere Geschoß zum Überwinden des Luftwiderstandes geeigneter, es verliert durch denselben an Geschwindigkeit weniger, d. h. das schwerere Geschoß erzielt bei gleicher Anfangsgeschwindigkeit eine größere Schußweite. Für die Treffähigkeit unserer gezogenen Geschütze ist es von besonderer Wichtigkeit, daß bei Geschossen derselben Art die Gewichtsdifferenzen möglichst gering sind; man sucht daher, wenn Zeit und Gelegenheit dazu vorhanden, den Einfluß derselben dadurch zu vermindern, daß man die Geschosse vor dem Schießen nach ihrem Gewicht (und dem Nummer der Gußform) klassifiziert und dann jedem Geschütz Geschosse von möglichst gleichem Gewicht zuteilt, und, bei verschiedenen Gewichten, nach der Reihenfolge derselben verfeuert, die leichtesten zuerst.

Der Einfluß des Geschoßgewichtes auf die Schußweite kann aus den Schußtafeln ziffernmäßig abgeleitet werden, doch bleibt dabei zu berücksichtigen, ob die Verkürzung oder Vermehrung der Schußweite nicht auch eine Folge der Veränderung des Verbrennungsraumes durch größere oder kleinere Länge des Geschosses ist.

In bezug auf die Massenverteilung des Geschosses ist außer dem schon oben, bei der Betrachtung der Eisenkerne und Bleimäntel Hervorgehobenen, noch zu bemerken, daß es von besonderer Bedeutung ist, ob und wieviel schwere Masse nach dem Umfang des Geschosses zu liegen kommt, weil dies auf die Trägheitsmomente und damit auf die Stabilität der Drehachse influiert. Auch die Lage des Schwerpunktes, in der Richtung der Geschoßachse, ist von wesentlichem Einfluß auf die Flugbahn des Geschosses, weil dadurch vorzugsweise die Lage der Resultante des Luftwiderstandes gegen die Geschoßachse bedingt, und durch diese das Pendeln der Geschosse und die dadurch erzeugte Abweichung bewirkt wird.
So wird z. B. der Schwerpunkt verschoben bei Geschossen von ungleichen Bodenstärken (gleiche Wandstärken vorausgesetzt)

ad b) Die Ladung.

Bei der Ladung ist zu betrachten:

die Beschaffenheit des Pulvers und
die Größe der Ladung.

Die Beschaffenheit des Pulvers ist zu unterscheiden: im normalen Zustande, gleich nach der Anfertigung und beim Gebrauch d. h. gewöhnlich nach längerer Aufbewahrung, nach größeren Transporten etc.
Von den verschiedenen Anforderungen, welche an ein gutes Kriegspulver gestellt werden müssen, kommt hier, wo es sich um die Erörterung derjenigen Elemente handelt, die auf Treffwahrscheinlichkeit einwirken, besonders die Gleichförmigkeit der Wirkung in Betracht.
Bei der Abnahme unseres Pulvers aus der k. Pulverfabrik wird dasselbe in bezug auf Kraftäußerung und Gleichförmigkeit der Wirkung mit dem Flugzeitenmesser und im Vergleich zum Normalpulver geprüft (ballistische Probe).
Die hiebei gestatteten größten Differenzen in den Anfangsgeschwindigkeiten sind bei den einzelnen Pulversorten und je nach der Größe der Ladung verschieden und betragen 10 bis 18 m (s. Kriegsfeuerw. IV Abschnitt).
Bei längerer Aufbewahrung und bei größeren Transporten ist unser Pulver aber bisweilen Veränderungen unterworfen, wodurch außer der Kraftäußerung auch die Gleich-

förmigkeit der Wirkung desselben merklich verringert werden kann.

Vor allem gilt dies von der *Feuchtigkeit*, welche vom Pulver aufgenommen wird, da sie auf die Entzündlichkeit und Verbrennlichkeit einen großen Einfluß übt.

Außerdem kann bei Transporten, namentlich, wenn dabei nicht die nötige Sorgfalt beachtet wird, eine mehr oder weniger starke Zerstörung der einzelnen Pulverkörner, eine Veränderung des Raumgehalts, ein Verstauben eintreten, wodurch die Quantität des Pulvers verändert, oder eine Veränderung in der Verbrennung und Kraftäusserung desselben bewirkt werden kann. Dieser Einfluß ist aber gewöhnlich nur sehr unbedeutend und erheblich geringer, als derjenige, der durch die nachteilige Einwirkung der Feuchtigkeit entsteht.

Beim Pulver in Kartuschen kann auch durch die Veränderungen in der Form und der Festigkeit der Kartuschen auf die Gleichförmigkeit der Wirkung ein nachteiliger Einfluß erzeugt werden.

In Bezug auf die *Größe der Ladung* ist für den ausübenden Artilleristen besonders von Interesse, welche Resultate sich bei gleichen Entfernungen und verschiedenen Ladungen in Bezug auf Treffwahrscheinlichkeit ergeben, was aus den Treffähigkeitstabellen zu ersehen ist (vergl. S. 20, Ziff. 3).

Nach den Treffähigkeits-Tabellen ist die Streuung der gez. Geschütze gegen *horizontale* Ziele bei gleichen Entfernungen, auch wenn verschiedene Ladungen zur Anwendung kommen, sowohl nach der Länge als nach der Breite gleich, dagegen nimmt die Streuung gegen *verticale* Ziele, bei gleichbleibender Entfernung, mit der Verringerung der Ladung merklich zu, während die Breitenstreuung sich nicht ändert. Geht man über die gewöhnliche Gebrauchsladung hinaus, so verliert man gewöhnlich an Treffwahrscheinlichkeit.

Danach sind gegen verticale Ziele nur dann schwache Ladungen zur Anwendung zu bringen, wenn diese Ziele verdeckt liegen und eine größere Krümmung der Flugbahn erfordern, wobei noch bemerkt werden muß, daß mit der Verringerung der Ladung der Einfluß kleiner Unregelmäßigkeiten, wie sie in Bezug auf Munition und Bedienung nicht zu vermeiden sein werden, um so mehr zur Geltung kommt.

Von wesentlicher Bedeutung werden hierbei die Unterschiede im Durchmesser und Gewicht der Geschosse, in der Quantität und Qualität des Pulvers, sowie in der Abnützung des Rohres.

Vergleicht man die Gleichförmigkeit der Wirkung verschiedener Ladungen in anderer Weise, z.B. bei gleichen Erhöhungen, so erhält man andere Resultate. Gegen horizontale Ziele gibt die geringere Ladung sowohl in Bezug auf Längen- als Breiten-streuung meist günstigere Resultate, während gegen verticale Ziele mit der Verringerung der Ladung nur die Breitenstreuung erheblich abnimmt, während die Höhenstreuung gewöhnlich unverändert bleibt, oder sich nur wenig verschieden zeigt.

ad c) Zündung.

Die Zündung übt bei unseren Geschützen im allgemeinen auf die Kraftäußerung des Pulvers und Gleichförmigkeit der Wirkung desselben keinen beachtenswerten Einfluss aus, sofern, dabei ein und denselben Schüssen auch nur ein und dieselbe, und gleichmäßig gute Zündung zur Anwendung kommt, wie dies meistenteils der Fall ist. (: Über das Verreissen des Geschützes aus der Richtung beim Abfeuern siehe sub Ziff II (Laffete) und V Absatz 5:).

III. Das Ziel und das Terrain.

Beim Ziel kommt in Betracht:

die Lage,
die Größe und
die Beschaffenheit desselben.

Bei der Lage des Zieles ist namentlich von Einfluss:

die Entfernung,
die Lage desselben gegen den Horizont des Geschützstandes, sowie
ob und wie dasselbe gedeckt ist.

Mit der Entfernung wachsen die Streuungen der Geschosse in Bezug auf Höhe und Breite in einem grösseren als proportionalen Verhältnis, während die Längenstreuungen in einem geringeren Verhältnis als die Entfernung zunehmen.

Die Lage des Zieles gegen den Horizont des Geschützstandes wird meist nur dann von Bedeutung, wenn der Unterschied erheblich ist. Ist ein bedeutend höher liegendes Ziel gleichzeitig gedeckt, so erfordert die höhere Lage desselben eine stärkere Krümmung der Flugbahn, also mitunter eine Verringerung der Ladung, wodurch dann dem eben Erwähnten bei vertikalen Zielen die Wahrscheinlichkeit des Treffens verringert.

Sonst wird bei gedeckt liegenden Zielen überhaupt die Trefferwahrscheinlichkeit, wenn die ganze Fläche desselben treffbar bleibt, nur indirekt dadurch beeinträchtigt, daß Richtung, Beobachtung und Korrektur schwieriger werden.

In Betreff der Ausdehnung des Ziels ist es vorteilhaft, wenn die Abmessungen des Zieles nach der Länge resp. Tiefe, sowie nach der Höhe und Breite, im Verhältnis zu den betr. Streuungen stehen. Ein Ziel von den Abmessungen der nach den Treffähigkeits-Tabellen sich ergebenden Streuungen gibt nur dann Aussicht, daß selbst unter günstigen Umständen keine Fehlschüsse entstehen, wenn der mittlere Treffpunkt in die Mitte des Zieles fällt, was beim Schießen gegen ein solches Ziel nur zufällig zu erreichen sein wird.

In Bezug auf sonstige Beschaffenheit des Zieles ist hier von besonderer Bedeutung:

ob das Ziel ein vertikales oder ein horizontales ist, und

ob dasselbe feststehend oder beweglich ist.

Vertikale Ziele sind im allgemeinen zum Beschießen mit Rohrgeschützen (Kanonen) günstiger, als horizontale, und dies ist um so mehr der Fall, je kleiner die Entfernungen sind, weil dabei die Fallwinkel um so kleiner, die bestrichenen Räume um so größer werden. Manche Ziele, z.B. tiefe Kolonnen, kann man als eine Kombination eines vertikalen und horizontalen Zieles ansehen. Will man dabei nur eine Ausdehnung berücksichtigen, so muß man die andere Ausdehnung, unter Benutzung des Fallwinkels, darauf reduzieren.

Sind Ziele beweglich, wie dies im Kriege oft der Fall ist, so wird dadurch das Treffen derselben sehr erschwert, auch wohl zur Unmöglichkeit gemacht, weil es dabei häufig an den notwendigen Vorbedingungen zum Einschießen fehlt.

Hat man sich aber gegen ein Ziel erst eingeschossen, sei es im Stillstehen, oder bei mäßiger Bewegung desselben, so wird man bei erforderlicher Fertigkeit im Gebrauch der Geschütze, selbst unter schwierigen Verhältnissen im Stande sein, dasselbe auch in der Bewegung mit Vortheil zu beschießen.

Das Terrain übt, wenn man von dem Treffen nach dem ersten Aufschlage abstrahirt, nur indirekt insofern einen Einfluß auf die Trefferwahrscheinlichkeit aus, als es auf das Bestimmen der Entfernung und die Beobachtung der Schüsse einwirkt, auch die Ziele manchmal dem Auge entzieht und so das Richten z. erschwert.

ad V.) Die Behandlung und Bedienung der Geschütze beim Schießen.

Hiebei werden besonders zu betrachten sein:

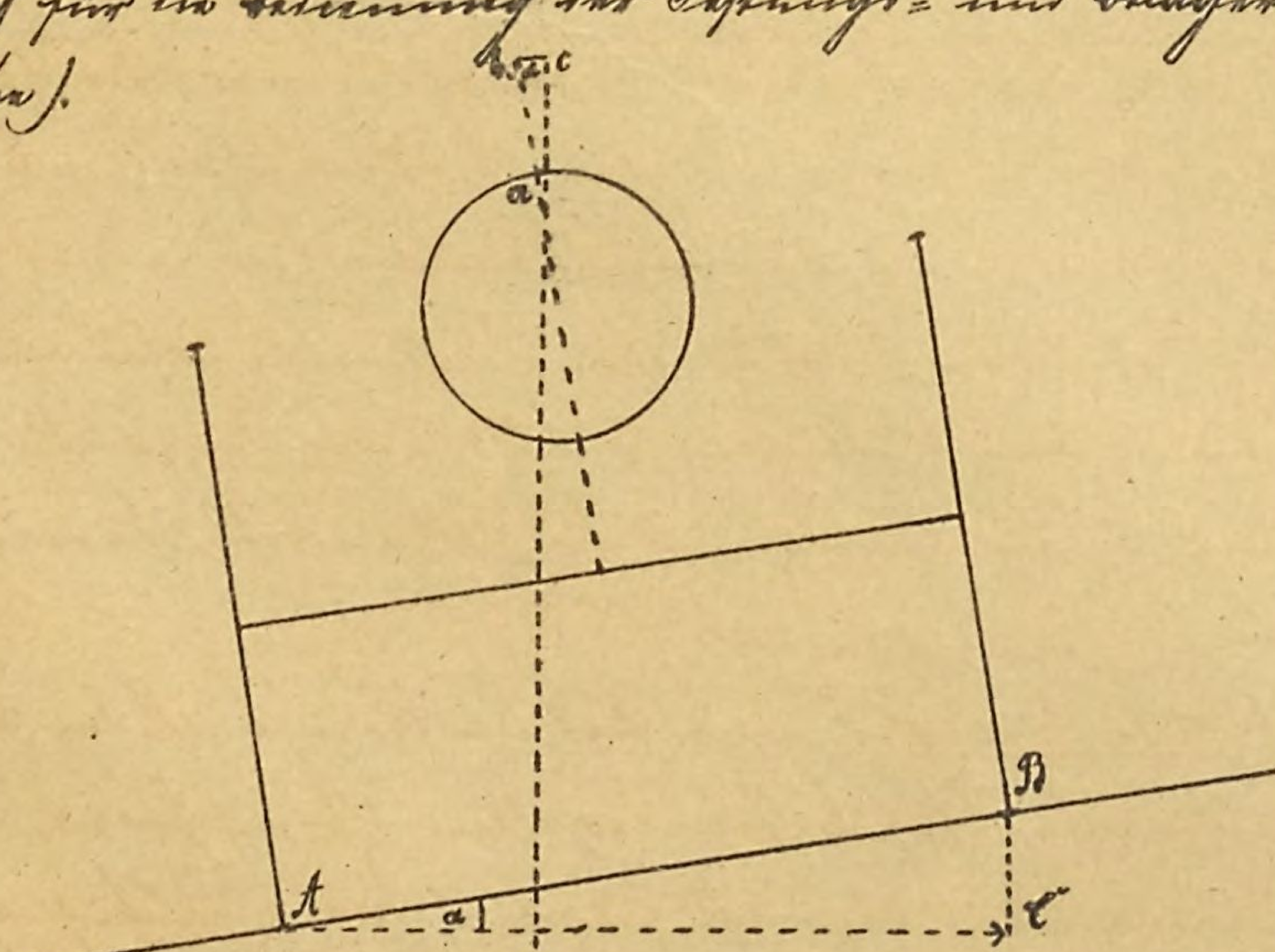
die Vorbereitung zur Bedienung,
das Aufstellen des Geschützes,
das Einsetzen der Geschosse,
das Richten,
das Abfeuern und
das Reinigen der Teile während des Schießens.

Als Vorbereitung zur Bedienung sind hier hervorzuheben:

die Revision resp. Reinigung der Teile, und
die Revision „ Vertheilung der Munition,

besonders der Geschosse.

(Das Nähere hierüber findet sich in der „Instruktion über die Bedienung und Behandlung der gez. Feldgeschütze" resp. in der „Anleitung für die Bedienung der Festungs- und Belagerungs-Geschütze).



Bei der <u>Aufstellung des Geschützes</u> ist der <u>horizontale Räderstand</u> besonders wichtig. Der Einfluß desselben auf die <u>seitliche Abweichung</u> der Geschosse läßt sich aus umstehender Figur erkennen. Steht das eine Rad tiefer, als das andere, und wird mit dem Aufsatz gerichtet, so ist die Aufsatzstange nicht mehr senkrecht, sondern um denselben Winkel α gegen die Vertikale geneigt, wie die Geschützachse zur Horizontalen. Der Visiereinschnitt bewegt sich nach der Seite zu, auf welcher das Rad tiefer steht. Ist AB die Geleisbreite, BC der Höhenunterschied im Räderstande, ab die Aufsatzhöhe, so ist bc das Maß, um welches sich das Visier nach der Seite geneigt hat. Aus der Ähnlichkeit der $\Delta\Delta$ ABC und abc folgt

$$AB : BC = ab : bc, \text{ mithin}$$

$$bc = \frac{BC \cdot ab}{AB}$$

Es wächst also die unbeabsichtigte Seitenverschiebung (denn das ist bc gewissermaßen) einmal mit dem Höhenunterschied der Räder und mit der Aufsatzlänge, also mit der Entfernung, auf der man schießt. Da die Geleisbreite 153 cm beträgt, so kann man annehmen, daß, wenn das eine Rad um etwa 10 cm tiefer steht als das andere, die unbeabsichtigte Seitenverschiebung etwa so viel 16tel (genauer 15tel) Grade beträgt, als die Erhöhung ganze Grade, denn

$$bc = \frac{10 \cdot ab}{153} = \frac{1}{15}\,ab.$$

Z. B. beim schw. Feldgeschütz beträgt auf 1400 m die Erhöhung $2\frac{8}{16}°$; ein Höhenunterschied im Stande der Räder von 10 cm würde also einer unbeabsichtigten Seitenverschiebung von $2\frac{1}{2}$ Sechzehntel-Grad gleichkommen, den Treffpunkt also um 2,75 m verlegen und zwar nach der Seite nach welcher das Rad tiefer steht. Solche bedeutende Abweichungen werden freilich bald erkannt und durch zweckmäßige Korrekturen ausgeglichen; aber geringere Unterschiede werden dennoch bei den verschiedenen (namentlich Feld-)Geschützen vorkommen, und selbst bei einem und demselben Geschütz wird der Räderstand, besonders bei weichem Boden, von Schuß zu Schuß verschieden ausfallen.

Die durch ungleich hohen Räderstand gleichzeitig hervorgerufene Verringerung der Erhöhung ist so unbedeutend, daß man sie gänzlich vernachlässigen kann.

Beim <u>Einsetzen der Geschosse</u> kommt es darauf an, daß die Achse derselben möglichst gleichmäßig zur Achse des Ladungsraumes zu liegen kommt, und der Verbrennungsraum der Pulvers gleich groß wird. In ersterer Beziehung ist darauf zu sehen, daß die hiebei vorkommenden Verschiedenheiten nicht durch Verschmutzung im untern Teil des Ladungsraumes vergrößert werden. – Um den Verbrennungsraum möglichst gleich groß zu erhalten, ist es wünschenswert, daß die Geschosse immer gleichmäßig weit vorgeschoben werden, was durch Anbringen einer Marke am Lader resp. den Setzkolben leicht zu kontrollieren wäre.

Um den Einfluß des <u>Richtens</u> auf die Treffwahrscheinlichkeit unserer sog. Geschütze kennen zu lernen, muß man festzustellen suchen, wodurch solche Fehler entstehen und welche Größe dieselben erreichen können.

Die Hauptursachen für fehlerhaftes Richten liegen:

a) in der Beschaffenheit des Auges,

b) in der Ausbildung desselben für das Richten,

c) in Beschaffenheit der Richtvorkehrungen und in sonstigen Umständen, welche das Richten erschweren.

Die <u>Sehschärfe</u> des Richtenden kommt hauptsächlich in Betracht beim Richten mit dem <u>Aufsatz</u>. Um auf die bedeutenden Entfernungen, die das Artilleriegefecht bedingt, noch mit hinreichender Schärfe die Ziele unterscheiden und anvisieren zu können, ist schon ein sehr gutes, weitsichtiges Auge erforderlich. Durch den Gebrauch von Gläsern können auch minder gute Augen in den Stand gesetzt werden, ihren Gesichtskreis zu erweitern; allein da dieser Notbehelf selbst wieder manchen störenden Einflüssen ausgesetzt ist, und weil andrerseits das an große Fernen nicht gewöhnte Auge auch bei Benützung mehrerer Hilfsmittel sich nicht so schnell zurechtfindet, als ein normales oder weitsichtiges Auge, so folgt daraus:

1) daß man zu Richtnummern nur Leute mit sehr scharfem Gesichte auswählen soll;

2) daß es den Chargen (: Zug- und Geschützführern :), die selten bessere Augen haben als die Richtkanoniere, grundsätzlich zu untersagen ist, <u>nachzurichten</u>, (aber nicht: "<u>nachzusehen</u>").

Denn die Fehler, welche 1 Mann durch nicht ganz korrektes

zielen macht, sind jedenfalls kleiner und leichter zu korrigieren, als die Abweichungen, welche sich durch das Richten mit verschieden guten Augen, verschiedener Haltung des Kopfes und Differenzen im Nehmen des Korns und Zielpunktes ergeben.

Aber selbst gute Augen sind für den Zweck des Richtens einer bemerkenswerten Vervollkommnung fähig durch geeignete Übungen. Allein trotz der größten Sorgfalt und gründlichsten Übung werden sich auch bei guten Augen des richtenden Mannes kleine Richtfehler einstellen. Für ein gesundes Auge und bei entsprechender Übung ist der mittlere Richtfehler zu etwa 56 Sekunden oder cca. $\frac{1}{64}$° ermittelt worden. Nimmt man nun, nach der Wahrscheinlichkeitstheorie, die größten Fehler 4 mal so groß an als die mittleren, so ergeben sich schon Richtfehler von $\frac{1}{16}$° und darüber, wodurch Geschoßabweichungen entstehen, welche gleich oder selbst größer sind als die mittleren Streuungen. Die Treffwahrscheinlichkeit nimmt damit proportional ab.

Gutes Richten wird befördert durch strenge Richtdisziplin, wozu vor allem gehört: Gleichmäßigkeit im Nehmen des Korns und Aufsetzen des Ziels, Ausschluß aller Mißverständnisse in Bezug auf kommandierte Erhöhung resp. Seitenverschiebung, Schußart, Ziel etc., Vermeiden jeder eigenmächtigen Veränderung der Visierlinie durch sog. „Aufhalten" oder „Vorhalten", genaue Einhaltung der Feuerordnung.

Zu den Hindernissen eines guten Richtens sind zu zählen: Ungünstige Beleuchtung, Witterung, Ziel- und Terrainverhältnisse, große Feuergeschwindigkeit und moralische Aufregung der Richtnummern.

Schon bei Friedensübungen zeigt es sich oft, daß namentlich bei schlechtem Wetter (Nebel, Regen, Schneegestöber, stark aufwirbelnden Wind) und ungünstiger Beleuchtung (Dämmerung oder Dunkelheit, Wolkenschatten, trübe Luft, grelles Sonnenlicht, blendende Schneeflächen und dgl.), ungünstigen Hintergrund (Wasser- und Wiesenflächen, Getreidefelder), die Augen angreifenden heftigen Winde oder entgegenstehendem Sonnenlicht kleinere Gegenstände, wie Geschütze etc., selbst auf mittlere Entfernungen

nicht mehr deutlich zu sehen, und fürs Richten nicht scharf genug zu erkennen sind, und dass selbst gute Augen nach kurzer Zeit so angegriffen werden, dass ein genaues Richten nicht mehr möglich wird. Die hiedurch entstehenden Fehler steigern sich in der Wirklichkeit sehr erheblich, wenn Rauch oder Pulverdampf vor der Batterie oder dem Ziele liegen bleibt, ferner wenn die Batterie ihr Feuer, ihr Ziel oder die Position öfters wechselt, optische Täuschungen vorkommen, oder die nervenangreifenden Verhältnisse beim Scharfschiessen, Verluste durch feindliches Feuer, Unruhe in der Batterie, das Verantwortlichkeitsgefühl, Anspannen der Aufmerksamkeit auf die verschiedensten Eindrücke, unwillkürliche Hast bei Ausübung der Funktionen etc. eine gewisse Aufregung hervorrufen.

Den wesentlichen Einfluss auf die Qualität des Richtens und damit auf die Treffähigkeit ist die Art des Richtens.
Im allgemeinen ist hiebei am günstigsten, wenn über Visir und Korn direkt nach dem Ziele hin gerichtet werden kann. Beim Nehmen der Höhenrichtung mit dem Quadranten ist das Regulieren des letzteren, sowie die Berücksichtigung des Terrainwinkels nicht ausser Acht zu lassen. Ist man genötigt, die Seitenrichtung mit dem Richtlote zu nehmen, so entstehen leicht bedeutende Seitenabweichungen der Geschosse.
Beim Gebrauch der Richtskalen ist grosse Vorsicht und volles Verständnis für die Übertragung von Korrekturen für mit der Batterielatte gemessenen Seitenabweichungen nötig (richtige Beobachtung der Vorzeichen). Muss zum Richten ein künstlicher Zielpunkt genommen werden, so kann dies, je nach der Lage und Beschaffenheit desselben, mehr oder weniger ungünstig sein. Günstig für das Festhalten einer Richtung erscheint ein weit entfernter, deutlich sichtbarer und scharf markierter Punkt. Der Einfluss des künstlichen Zielpunktes kommt hauptsächlich in Betracht für die Seitenrichtung, weniger für die Höhenrichtung und vergrössert sich selbstverständlich, wenn das Geschütz nicht bei jedem Schuss genau auf denselben Fleck vorgebracht wird.
Über den Einfluss der Richtvorrichtungen ist schon sub Ziff. I das Wesentlichste erwähnt worden. Selbstverständlich übt auch die Einrichtung und Einteilung der Aufsätze und Quadranten,

sowie die Beschaffenheit des Geschützstandes einen Einfluss auf das Richtresultat und auf die Treffähigkeit aus.

Das Abfeuern ist in Bezug auf die Trefferwahrscheinlichkeit im allgemeinen nur insofern von Bedeutung, als dadurch unter Umständen die Richtung des Geschützes verändert werden kann, wie dies oben bereits erörtert worden ist. Beim Schießen auf bewegliche Ziele wäre hiebei noch zu bemerken, dass bei seitlicher Bewegung desselben zur Schusslinie, und der Richtung der Geschütze auf einen Punkt, den dasselbe passieren muss, z. B. eine Brücke, die Schnelligkeit der Bewegung des Ziels mit der Flugzeit des Geschosses in Einklang zu bringen ist. Multipliziert man die Flugzeit auf der bez. Entfernung mit der Bewegungsgeschwindigkeit des Zieles, so erhält man den Raum, den das Ziel unterdessen zurücklegt. Als Anhaltspunkte dienen folgende Angaben:

Infanterie, Kavallerie, Artillerie,	legen im Schritt	1,5 m
	" " Trab	3,75 "
	" " Galopp	6,75 "
Dampfschiffe		6-8 "
Eisenbahnzüge		7,5-20 "

per Sekunde zurück.

In Bezug auf das Reinigen der Seele während des Schießens ist das Erforderliche bereits oben bei dem Einfluss, der sich aus der Verschmutzung ergibt, erwähnt worden. Es muss hier nur noch hinzugefügt werden, dass beim Reinigen der Seele mit Seifenwasser der Ladungsraum nicht zu nass bleiben darf, weil dieses für die gleichmäßige Wirkung des Pulvers nachteilig werden kann, wenn die Kartusche so lange im Rohr liegen bleibt, bis das Pulver nass geworden ist.

II.) Das Bestimmen der Entfernung.

Je genauer man die Entfernung kennt, desto mehr Aussicht wird man haben, zu treffen, wenn sich die Schusstafeln als richtig erweisen und die sonstigen Umstände dem

größten Schießen als günstig sich erweisen. Man wird dabei wenigstens diejenigen Schüsse gewinnen, die bei nicht bekannter oder nicht richtig geschätzter Entfernung für das erste Einschießen erforderlich sind.
Je größer der Irrtum ist, den man in Bezug auf die Entfernung begangen hat, je schwieriger die Beobachtung wird, desto mehr Schüsse werden zum Einschießen erforderlich sein, und kann dadurch die beabsichtigte Wirkung mitunter außerordentlich beeinträchtigt werden; es wird daher ein Hauptstreben der Artilleristen sein müssen, die zu beschießende Entfernung schon <u>vor</u> dem Beginne des Feuers so genau als möglich zu ermitteln.

Dies kann auf verschiedene Weise geschehen und zwar:

1) nach Plänen und Karten,
2) durch Messung mit Instrumenten,
3) durch Bestimmung unter Berücksichtigung der Schallgeschwindigkeit,
4) durch Schätzung.

ad 1) Eine genaue Bestimmung der Entfernung <u>nach Plänen und Karten</u> wird meist nur im Festungskriege zulässig sein, weil im Feldkriege die genaue Orientierung der feindlichen Position auf den topographischen Karten des Generalstabs (: bei uns Maßstab 1:50000 :) zu schwer wird, indes wird man auch hier daraus mitunter Nutzen ziehen.

ad 2.) Bei der großen Schwierigkeit des Distanzschätzens und dem Mangel an Plänen sind die verschiedensten <u>Instrumente zum Messen unbekannter Entfernungen</u> (sog. Telemeter oder Distanzmeßapparate) erfunden und erprobt worden. Sie beruhen in der Regel auf der Messung von Winkeln und einer Grundlinie, die entweder ein für allemal konstant ist, oder für jede Bestimmung eigens abgemessen werden muß (bei konstanten Winkeln).
Die Anforderungen, welche an einen sowohl im Feld- als Festungskriege brauchbaren Distanzmesser gestellt werden müssen, sind folgende:
a) das Instrument muß hinreichend genau messen. Der Grad der Genauigkeit muß im Verhältnis stehen zur Tref-

fähigkeit jener Feuerwaffen, bei denen er verwendet werden soll und dürfte zu verlangen sein, dass die gemessene Entfernung von der wirklichen höchstens um das Maß der natürlichen (mittleren) Streuung der Geschosse abweicht, damit, abgesehen von den Tageseinflüssen, die Trefferesultate nicht schon durch die Messung beeinträchtigt werden.

b) Die Messung muss in kürzester Zeit (im Maximum 3-4 Minuten) ausgeführt werden können.

c) Es muss jederzeit die Messung sofort beginnen können, ohne dass erst Prüfungen und Korrekturen des Instrumentes stattfinden.

d) Dasselbe muss bei jedem Wetter, namentlich bei trüber Luft, Wind u. s. w., in jedem Terrain (abschüssig, harter Boden, starke Bewachsung etc.), sowie bei jeder Temperatur zu verwenden sein, ohne die dadurch bedingte Ausdehnung des Materials durch komplizierte Vorrichtungen oder Rechnungen eigens kompensieren zu müssen.

e) Der Gebrauch des Instrumentes muss einfach und leicht zu erlernen sein, alle Berechnungen oder Benützung von Hilfstabellen vermeiden, sondern die Entfernung direkt ablesen lassen, und nur 1-2 Mann (: keine Chargen :) zur Bedienung verlangen; das Messen gegen bewegliche Ziele soll es gestatten.

f.) Das Instrument selbst muss leicht, aber solid, kompendiös (nicht zu umfangreich) und unempfindlich konstruiert sein, um hinreichende Haltbarkeit und Verlässlichkeit zu besitzen, ohne die Batterie oder den Mann zu sehr zu belasten (Transportermöglichung zu Pferd u.s.w.), durch den Transport und unglimpfliche Behandlung allzusehr zu leiden, und schließlich kein zu auffallendes Ziel dem Feinde zu bieten.

g) Schließlich dürfen die Anschaffungskosten keine zu enormen sein.

Der Vorteil solcher Distanzmessapparate für ein rasches und genaues Einschießen liegen auf der Hand. Dieselben treten um so mehr hervor, je größer die Präzision der Feuerwaffe ist, weil bei solchen durch eine nur um ein geringes falsche Lage des erschossenen mittleren Treffpunktes die Treffwahrscheinlichkeit um so mehr beeinträchtigt wird.

Fast sämtliche europäischen Artillerien haben derartige Distanzmeß-Instrumente eingeführt oder sind in Versuche mit solchen eingetreten; in Deutschland kommen derartige Apparate mit elektrischer Verbindung zur Zeit nur bei der Küsten-Artillerie vor; unser Distanzmesser ist vorderhand noch immer das Geschütz in Verbindung mit der Schätzung der Entfernung und Beobachtung der Probeschüsse.

Die Einschläge der Gewehrgeschosse sind nur auf den nächsten Entfernungen, die einer auf einen Punkt abgegebenen Salve ein wenig weiter, und die eines einzelnen Geschosses nur bei sehr staubigem, trockenem Boden, windstiller, völlig nebel- und rauchfreier Luft zu erkennen. Ist dies möglich, so kann die Infanterie sich an das Ziel heranschießen, wie es von der Artillerie früher geschah; oder auf weiteren Entfernungen, besser und schneller die Visierentfernung finden durch Eingabeln des Zieles in eine zu kurze und eine zu weite Entfernung und Verengerung dieser Gabel durch Halbieren, bis die Streuungsgarbe ins Ziel gelegt ist, wie beim Schießen der Artillerie.

Wenn Artillerie in der Nähe ist, erfährt die Infanterie von dieser die erschossene Entfernung. Bei der großen Veränderlichkeit der Geschoßgarben durch Witterung und Temperatur und der über 100 m langen Streuungsfläche der Geschosse ist die auf den Meter genaue Kenntnis der Entfernung beim Gewehrfeuer von geringerer Bedeutung. Infanterie wird deshalb auf Entfernungen von 400-700 m für gewöhnlich 2, über 700 m aber 3 Visiere verwenden müssen.

ad 3.). Das Verfahren, die Entfernung unter Berücksichtigung der Schallgeschwindigkeit zu bestimmen, welches entweder mit dem télémètre de combat von Boulanger, oder mittelst einer Sekundenuhr oder durch Zählen im 6/6 Takt auszuführen ist, läßt sich nur bei vorhandenem feindlichem Feuer, und auch in diesem Falle nur dann anwenden, wenn der zum Blitz gehörende Knall von dem anderer Feuer, der Geschütze unterschieden werden kann, gibt aber auch dann, namentlich bei größeren Entfernungen, nur ungenaue Resultate.

Für die Schallgeschwindigkeit pro Sekunde kann man

rund 340 m annehmen. Zu bemerken hiezu ist noch, daß durch den Wind die Schallgeschwindigkeit nur wenig, sondern hauptsächlich nur die Deutlichkeit des Schalls beeinträchtigt wird.

ad 4. In den weitaus meisten Fällen ist es notwendig, zunächst die *unbekannte Entfernung zu schätzen*. Es ist dies sehr schwierig, erfordert viele und dauernde Übung und es steht erfahrungsgemäß fest, daß nur in äußerst seltenen Fällen die Gefechtsentfernungen richtig geschätzt werden. Je länger die Strecke ist, desto schwieriger ist es sie zu schätzen, besonders, wenn der Schätzende in ihrer Richtung (Verlängerung) steht. Leichter sind kürzere Strecken, die vom Aufstellungsort aus seitlich zu übersehen sind, zu schätzen. Es ist daher von Vorteil, *von der Seite her die zu schätzende Entfernung zu betrachten*, sie in einzelne gleich große Teilstrecken zu zerlegen. Eine einzelne zunächst liegende wird dann geschätzt, abgeschritten oder abgaloppiert, um dann durch einfache Multiplikation des gefundenen Resultats mit der Anzahl der Teilstrecken die ganze Entfernung zu erfahren.

Wenn der Standpunkt nicht außerhalb der zu schätzenden Entfernung gewählt werden kann, empfiehlt es sich, außerhalb seitwärts, womöglich parallel zu derselben, im Terrain eine ebensolange Strecke, wie die zu schätzende zu zerlegen, eine Teilstrecke zu schätzen und so die Entfernung zu finden.

Als Anhalt für das richtige Schätzen beim Zerlegen in Teilstrecken sind vorhandene Bäume, Sträucher, Häuser, Steine u. dgl. zu benützen; von besonderem Vorteil ist es, wenn zufällig in einiger Entfernung parallel zur Schußlinie Wege, Baumreihen und besonders Chausseen laufen.

Die Erfahrung hat gelehrt, daß selbst bei geübten und weitsichtigen Augen Schätzungsfehler vorkommen, welche auf mittleren Entfernungen leicht einige 100 m betragen. Kommt die Sonne von vorn, ist der Hintergrund dunkel, das Terrain stetig ansteigend und die Luft trübe und dick, so schätzt man gern *zu weit*. Besonders *helle* Gegenstände werden leicht *zu nahe* geschätzt, Schimmel und weiße Häuser sieht man bis auf die weitesten Entfernungen.

Alle Anhaltspunkte, welche in dieser Beziehung gegeben werden, modifizieren sich durch die Verschiedenartigkeit

des menschlichen Auges, besonders aber in Folge wechselnder Beleuchtung, verschiedener Luftbeschaffenheit und des verschiedenen Hintergrundes oft so, daß man nur mit großer Vorsicht von Schätzungsresultaten Gebrauch machen darf resp. erfordern geschätzte Entfernungen ein langdauerndes, viel Munition wirkungslos vergeudendes Einschießverfahren.

VII.) Die Beobachtung.

Die Schwierigkeit des praktischen Schießens beruht zunächst in der Kunst, zu beobachten, d.h. aus denjenigen Erscheinungen, welche der Aufschlag resp. das Krepieren des Geschosses hervorbringt, zu beurteilen, welche Lage die Aufschlags- bezw. die Sprengpunkte zum Ziele haben. Ist man im Stande, diese Beobachtungen zu machen, so kann man mit Hilfe der in den Schußtafeln enthaltenen Angaben seinen Schuß korrigieren d.h. diejenige Erhöhung und Seitenverschiebung (Seitendifferenz) ermitteln, bei welcher man in jedem einzelnen Falle die günstigste Lage der Treff-(Spreng-)punkte erzielt. Richtige Beobachtung ist die Grundlage alles Schießens; auf ihr beruht das in den Schießregeln enthaltene Korrekturverfahren. Denn es liegt auf der Hand, daß sowohl die Kenntnis von der Treffähigkeit der Feuerwaffe, als auch die Kenntnis des anzuwendenden Verfahrens, den Treffpunkt in das Ziel zu verlegen, für die Praxis nicht ausreichen würden, wenn man nicht wüßte, wie man geschossen hat.

Die Beobachtung ist in der Wirklichkeit oft außerordentlich schwierig und erfordert fortgesetzte Übung, um so mehr als äußere Verhältnisse, wie Beleuchtung, Wind, Witterung, Entfernung, Hintergrund, sowie Beschaffenheit des Zieles und des Terrains großen Einfluß auf die Beobachtung ausüben, und im Gefecht Aufregungen, Pulverdampf u.s.w. dieselbe oft erheblich beeinträchtigen können.

Hierbei kommen besonders in Betracht:

1) die Mittel der Beobachtung,
2) Ort und Art, sowie
3) die Gegenstände derselben und die Ausführung der Beobachtung.

ad 1.) *Mittel zur Beobachtung.*

Ein *gutes, scharfes Auge* ist für die Beobachtung von besonderer Wichtigkeit, doch muss dasselbe im Beobachten auch besonders *geübt* sein, weil es sich dabei häufig nicht nur um das Sehen und Erkennen, sondern auch darum handelt, aus dem Wahrgenommenen auch gewisse Schlussfolgerungen zu ziehen, wozu das scharfe Sehen allein nicht ausreichend ist.

Bei der Anwendung unserer gezogenen Geschütze reicht aber oft auch das beste Auge zur Beobachtung nicht aus, es wird daher notwendig, *Ferngläser* anzuwenden. So vorteilhaft dieselben unter Umständen auch sind, so hat ihre Anwendung auch gewisse Übelstände, so dass es empfehlenswert bleibt, die Beobachtung mit bloßem Auge zu üben, und das Auge dadurch in dieser Beziehung auszubilden und zu schärfen.

Für die *Feldartillerie* ist das Beobachten ohne Glas vom Vorteil, da selbes eher durchführbar und ist man hiebei von den Witterungseinflüssen weniger abhängig, auch beherrscht man mit bloßem Auge ein grösseres Gesichtsfeld, was für die dem Feuer leitenden Batteriecommandeur obliegende Verpflichtung der Aufmerksamkeit auf die taktische Situation von Bedeutung ist. Hier empfiehlt sich bei allenfallsigem Bedarf die Anwendung von *Doppelfernrohren* (sog. Feldstechern oder Binocles) mit verstellbarer Augenweite.

Beim Schießen auf große Entfernungen, bei undeutlichen Zielen (z. B. liegenden Schützen od. eingeschnittenen Geschützen), bei schwächerem Sehvermögen und Mangel an Übung ist die Beobachtung mit Fernglas jedenfalls unabweislich.

Bei der *Festungs-* und *Belagerungsartillerie* ist in den seltensten Fällen die Beobachtung mit bloßem Auge ausreichend. Man wird sich entweder der *Doppelfernrohre* oder in besonderen Fällen, wo man die Wirkung des einzelnen Schusses, den Treffpunkt, auffinden und bestimmen will, der *großen Fernrohre mit Stativ* zu bedienen haben.

Bei gedeckten Zielen, oder wenn man auf gedeckte Aufstellungen beobachten will, ist der *Wallspiegel* bisweilen mit Vorteil, jedoch nur in sehr beschränkter Weise anzuwenden.

der Nacht kann, wenigstens für den Festungskrieg, durch künstliche Beleuchtung mit Raketen, Leuchtballen oder elektrisches Licht die erforderliche Beobachtung begünstigt werden.

Durch das Gehör erhalten wir nur selten zuverlässigen Aufschluß darüber, ob und was getroffen worden ist, meist aber nur dann, wenn diese Wahrnehmungen mit dem Gesehenen in Verbindung gebracht werden. So z. B. kann man bei sehr widerstandsfähigen Zielen von einem bestimmten Material, bei einiger Übung des Gehörs, schon unterscheiden, ob das Ziel getroffen worden ist oder nicht. Doch kommen dabei oft auch Täuschungen vor, und wird dies in der Wirklichkeit, wenigstens für die Granate, noch durch die Explosion des Geschosses sehr befördert, weil diese in so kurzer Zeit nach dem Aufschlage erfolgt, daß sich in dem Schall das Aufschlagen des Geschosses von der Explosion gewöhnlich nicht unterscheiden läßt.

ad 3, Ort und Art der Beobachtung.

Als Ort für die Beobachtung durch den das Feuer leitenden Offizier empfiehlt sich ein, wenn möglich erhöhter Standpunkt auf einem Flügel der feuernden Batterie. Derselbe muß gestatten, das Ziel, möglichst auch das Terrain vor dem letzteren zu übersehen, und alle Kommandos deutlich zum Verständnis der Batterie zu bringen. Die Beobachtung selbst darf jedoch durch den Pulverdampf nicht beeinträchtigt werden (über Wind).

Die Verschiedenheit der zur Aufstellung und Deckung der feuernden Geschütze der Fuß-Artillerie dienenden Werke und Batterie-Anlagen, sowie namentlich die große Verschiedenartigkeit in der Beschaffenheit und Ausdehnung der Ziele, verbunden mit den äußeren Umständen, welche die Beobachtung beeinflussen, erfordern in jedem einzelnen Falle die Rekognoscierung d. h. Aufsuchen eines Punktes, welcher die beste Beobachtung und zugleich eine rasche und sichere Verbindung mit der Batterie resp. dem das Feuer Leitenden gestattet.

Die Beobachtung kann aus einer Aufstellung in unmittelbarer Nähe der feuernden Geschütze, oder soweit von denselben entfernt stattfinden, daß es notwendig wird, mit dem

Beobachter eine Verbindung durch verabredete Zeichen, optische Telegraphen oder Telephone etc. herzustellen, wodurch im Ernstfalle leicht Schwierigkeiten und Irrtümer entstehen, ganz abgesehen davon, dass die zum Beobachten geeigneten Kräfte nicht immer dazu verwendet werden können, um sie nicht ihren Funktionen am Geschütz zu entziehen.

Eine Aufstellung *weit seitwärts der Schusslinie* hat den Nachteil, dass man auf derselben zu kurz und zu weit gehende Schüsse nicht leicht von seitwärts festgehenden unterscheiden kann, so dass z. B. bei einer rechts seitwärtigen Aufstellung zu kurze Schüsse als links vorbeigegangen erscheinen können und umgekehrt. Eine solche Aufstellung ist jedoch manchmal nicht zu vermeiden, z. B. wenn sich das Terrain vor dem Ziele von andern Stellen aus nicht übersehen lässt, oder wenn das Ziel hinter einer Welle steht, oder etagenförmig hinter einander liegende Terrainerhebungen Irrtümer in der Beobachtung begünstigen. Auch im Feuer mehrerer nebeneinanderstehender Batterien kann der Pulverdampf dazu zwingen, auf einer Aufstellung außerhalb der letzteren auf einem Flügel der Artillerielinie die Beobachtung auszuführen.

In letzterem Falle, ferner beim Schießen gegen gedeckte Ziele oder aus gedeckten Aufstellungen, liegen jedoch meistens die zweckmäßigsten Punkte für die Beobachtung so weit ab, dass ein *Hilfsbeobachter* erforderlich ist; für letzteren ist es von der größten Wichtigkeit, möglichst genau über die Zielverhältnisse und die Aufgabe der Batterie, dann über die Feuerleitung unterrichtet zu sein, damit derselbe kurze, scharfe und zutreffende Angaben über die Beobachtung machen kann.

Beim Schießen gegen gedeckte Ziele im Festungskriege muss die Lage der letzteren zu ihren Deckungen, wenn irgend möglich durch Pläne oder Rekognoszierungen ermittelt werden, um nach der *Beobachtung der Schüsse gegen die Deckung* und Einschießen auf dieselbe, die Verlegung des mittleren Treffpunktes in das Ziel bewirken zu können.

Sind keine zur Beobachtung geeigneten Punkte vorhanden und lassen sich auch keine künstlich herstellen (Leitern, Gerüste etc.), oder finden sich keine Linien vor, die man bei Verlegung des mittleren Treffpunktes mit dem Ziel in Verbindung bringen

kann, so ist das Einschießen in der Regel nicht möglich.

Wenn *feuernde Geschütze* selbst das Ziel bilden und deren Rauchentwickelung als Hilfsmittel zum Messen der Richtung benutzt werden kann, so wird (unbekannte Entfernung vorausgesetzt) die Lage des Ziels und damit die erforderliche Höhen- und Seitenrichtung, entweder *ungefähr nach dem Plan* (z. B. wenn die Raucherscheinung zwischen einer Anhöhe und einem Wald erscheint), oder mit Hilfe zweier Stationen nach Art eines Entfernungsmessers bestimmt, d. i. mittelst der sog. „*Lattenkombination*":

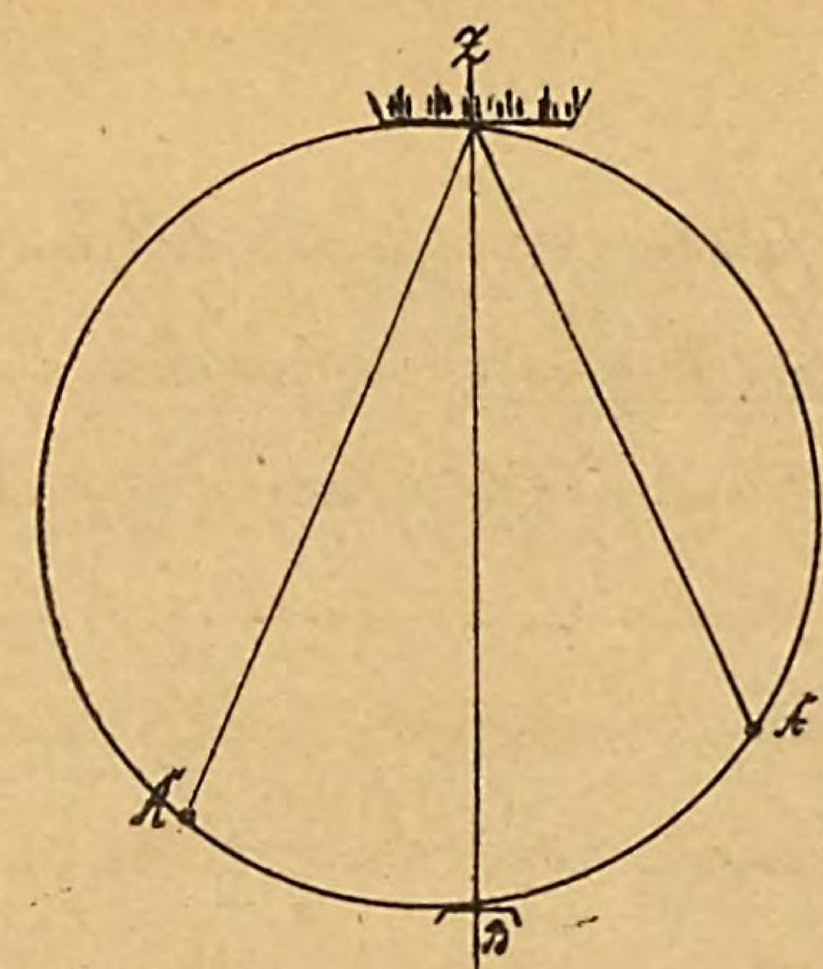
Zunächst wird mit dem Latten-Instrument (*Batterielatte*) die Richtung von der Batterie nach jedem der feindlichen Geschütze festgelegt.

Zur Beobachtung der Längenabweichungen wird ein Hilfsbeobachter mehrere 100 m seitwärts und möglichst in derselben: lieber etwas geringeren) Entfernung vom Ziel, als die Batterie von diesem liegt, und möglichst in gleichem Niveau mit ihr aufgestellt. Dieser bestimmt ebenfalls die Richtung nach den aufsteigenden Rauchwolken durch ein Latten-Instrument.

Der Beobachter in der Batterie und der Hilfsbeobachter beobachten beide das Aufschlagen der eigenen Granaten (Rauchwolke) in Bezug auf ihre Richtungslinien bezw. auf das Geschütz, gegen welches das Schießen stattfinden soll. Es ist dabei von besonderer Wichtigkeit, daß sie stets dieselben Stellen der Rauchwolke anvisieren und die Meldungen auf die gleichen Ziele beziehen, damit die Visierlinien sich immer im Ziele schneiden. Unter Zusammenstellung beider Beobachtungen geht dann das Einschießen, wie gegen feststehende Ziele, vor sich. Gibt nämlich die *rechte* Latte eine *größere* Abweichung als die *linke*, so ist der Schuß *weit*, gibt die *rechte* Latte eine *kleinere* Abweichung, als die *linke*, so ist der Schuß *kurz*. Sind die Meldungen beider Latten *gleich*, so liegt der Schuß in der *Nähe des beabsichtigten Treffpunktes* und ist als brauchbarer Treffer (±) zu behandeln.

Zu beachten für die Zusammenstellung der beiden Meldungen ist noch, daß z. B. – 1 größer ist, als – 3.

Anmerkg. Der Erfinder dieser höchst geistreichen und praktischen Latten-Combination ist der sächsische Hauptmann Piorkowsky (Herbst 1880). (Siehe nebenstehende Figur.)



Ist nun in Z das Ziel, in B die Batterielatte, in A der Aufstellungsort der seitlichen Latte, so läßt sich durch diese 3 Punkte jederzeit ein Kreis legen. Das mathematische Prinzip, auf welchem die Lattenkombination basiert, ist eine Anwendung des Satzes aus der Geometrie: „Peripheriewinkel auf denselben Bogen sind einander gleich; zum größeren Bogen gehört auch der größere Peripheriewinkel und umgekehrt."

Besonders im Festungskriege wird es auch manchmal möglich sein, rückwärts der feuernden Geschütze geeignete höher liegende Positionen (z.B. Kirchtürme) zu finden, aus denen eine gute Beobachtung begünstigt wird.

Mitunter sind sogar Luftballons zu diesem Zwecke zur Anwendung gekommen.

Bei Beobachtung zu Pferde übersieht man das Terrain zwar besser als zu Fuß, aber die Beobachtung mit dem Fernrohr wird meist schwieriger und bei unruhigen Pferden fast unmöglich. Aus gedeckten Beobachtungsständen hat man, der tiefen Lage wegen, meist nur sehr beschränktes Gesichtsfeld.

ad 3.) Gegenstände der Beobachtung.

Bei der großen Geschwindigkeit der Geschosse aus gezogenen Geschützen ist es meistens unmöglich, dieselben in ihrer Flugbahn mit dem bloßen Auge zu verfolgen und hiedurch ihren Treffpunkt zu erkennen. Das Verfolgen des Geschosses in seinem Flug ist aber auch für die wenigen Fälle des Gelingens ohne besonderen Wert für jene Beobachtung, auf welche hin Korrekturen vorgenommen werden sollen. Den hauptsächlichsten Anhalt für dieselbe gibt die Sprengwolke des krepierenden Geschosses. Man kann diese selbst auf großen Entfernungen wahrnehmen, sobald der Aufschlag nicht durch das Terrain oder durch ungünstige Umstände (Pulverdampf, Nacht und Nebel, Masken) dem Auge entzogen wird.

Die Beobachtung des Granatschusses besteht deshalb vorzugsweise darin, die Beziehung der Sprengwolke zum Ziel zu beurteilen. Deckt nämlich die Sprengwolke das Ziel, so war der Schuß „zu kurz" (—), wird dagegen die Sprengwolke vom Ziel gedeckt, oder erscheint letzteres vor derselben, so war der Schuß „zu weit" (+).

Die Beobachtung hat sich in der Regel auf Kurz- und Weitschüsse

zu beschränken, da die Treffer meist schwer von den + Schüssen zu unterscheiden sind. Die Beobachtung von Treffern als solchen führt gegen Ziele des Feldkriegs erfahrungsgemäß häufig zu großen Täuschungen. Dieselbe ist daher nur ausnahmsweise z. B. beim Schießen auf kleinen Entfernungen (bis zu 1000 m) zulässig, oder wenn man im Geschoß die Wirkung in der im Ziel entstehenden Brüche, im Aufliegen von Fetzen, oder anderen unverkennbaren Merkmalen deutlich erkennt. Auch beim Schießen gegen Ziele auf steileren Abhängen oder hinter hohen Deckungen, wie Festungswällen, kann man den Treffpunkt im Abhang oder in der Böschung oft erkennen. Es ist dann ausnahmsweise auch das Maß der Abweichung zu kurz gegangener Schüsse leicht zu beurteilen, während dies in allen übrigen Fällen nicht möglich ist. Beim Schießen gegen Brustwehren ist man oft im Zweifel, ob der Schuß ein Kronentreffer ist oder nicht. Für diesen Fall gibt die Feuererscheinung bezw. die Bildung der Rauchwolke einigen Anhalt. Sieht man nämlich im Augenblicke der Explosion die Feuer- oder volle Raucherscheinung bis zu ihrem schmalen Entstehungspunkte, so kann man auf einen Kronentreffer schließen; sieht man keine Feuererscheinung und die Rauchwolke von vornherein breit, so war der Schuß zu weit.

Liegen mehrere Deckungen hintereinander, so läßt sich aus der Rauchwolke zu den einzelnen derselben ein Schluß für die Beobachtung ziehen, wenn ihre Höhenlagen verschieden sind. Erscheinen jedoch die Deckungen dem Beobachter gleich hoch, so ist eine Zuhilfenahme von anderen Beobachtungsposten nicht unvermeidlich, da sonst in der Regel Täuschungen entstehen.

Beschießt man tracierte Linien, so ist es oft möglich zu beobachten, daß eine Traverse von Rauch bedeckt wird, während die vorliegende unbedeckt erscheint und sich in der Rauchwolke dann meist scharf abhebt. Eine solche Wahrnehmung ist dann ein vortrefflicher Anhalt für die Beobachtung.

Die Richtung und das Maß seitlicher Abweichungen ist meist ohne Schwierigkeit vom Geschütz aus oder aus dessen unmittelbarer Nähe zu beurteilen, während dies aus einer seitlichen Stellung leicht zu unrichtigen Schlüssen führt. Bei der Feldartillerie ist die Beobachtung der Seitenrichtung Aufgabe der Zugführer; bei der Fußartillerie ist für die ganze Batterie 1 Mann mit einem

geeigneten Meßinstrument, der sog. „*Batterielatte*" bestimmt, welches die Größe der Seitenabweichungen der Geschosse, in $\frac{1}{16}$° ausgedrückt, erkennen läßt, so daß die Meßresultate unmittelbar zur Korrektur benützt werden können.

Der erste Moment nach der Explosion der Granaten ist im allgemeinen für die Beobachtung der Granaten am günstigsten, weil dann die Sprengwolke am dichtesten und deshalb im Stande ist, das Ziel erkennbar zu decken, oder als Hintergrund zu dienen, sobald sie überhaupt in der Linie vom Auge zum Ziele erscheint. Tritt das letztere nicht ein, sondern erscheint dieselbe seitlich des Ziels, so muß man abwarten, ob die Sprengwolke vor oder hinter das Ziel getrieben wird, wobei nahezu rechtwinklig gegen die Schußlinie gerichteter Wind am günstigsten ist.

Beim Schießen gegen *gedeckt liegende widerstandsfähige Ziele* (Kaponieren, Eskarpenmauern u.s.w.) hat man für die Beobachtung folgende charakteristische Merkmale:
Der Einschlag und Knall des krepierenden Geschosses ist hart (vergl. S. 159), wenn dasselbe auf hartes Mauerwerk, er ist dumpf und matt, wenn dasselbe auf Erde trifft. Ist die Mauer noch nicht durchbrochen, so fliegen Steine und Mauertrümmer oft sehr hoch aus dem Graben heraus. Die Rauchwolke des explodierenden Geschosses erscheint bei noch nicht durchbrochener Mauer, je nach der Tiefe des Eindringens mehr oder weniger schnell über der Mauer, ist dabei bläulich weiß, wie eben Pulverdampf für gewöhnlich ist, und in einen Klumpen zusammengeballt. Bei schon durchbrochener Mauer erscheint der Rauch spät, ist dunkelgrau und zieht langsam, wie aus einem Schornstein steigend, empor.

Beim *Schießen gegen Schiffe* ist zu beachten, daß Geschosse, welche auf dem Wasser aufschlagen, eine starke Wassersäule erzeugen, und zwar auch dann, wenn die Geschosse blind gehen. Beim Krepieren scharf geladener Geschosse ist dabei meistens eine mehr oder weniger intensive Raucherscheinung zu sehen.

Bei *blind gehenden Granaten* ist die Beobachtung im allgemeinen unsicher. Nur unter sehr günstigen Umständen kann die aufwirbelnde Erde einen ähnlichen Anhalt bieten, wie die Spreng-

Wolke der krepierenden Geschosse.

Beim *Schießen in der Nacht* ist im allgemeinen eine Beobachtung der Schüsse nicht möglich. Unter Umständen kann aber die Feuererscheinung der explodierenden Geschosse so gut wahrgenommen werden, daß Schlüsse auf die Lage der Flugbahn zu machen sind. Es muß aber davor gewarnt werden, auf solche Beobachtungen voreilig Korrektur zu gründen, weil sie leicht zu großen Täuschungen Veranlassung geben. Um die durch elektrisches Licht oder Raketen erzeugte, meist kurze Zeit der Beleuchtung, möglichst für die Beobachtung auszunutzen, ist es vorteilhaft, mehrere Beobachter mit guten Gläsern zu versehen und diesen ganz bestimmte Teile der Beleuchtungssphären zur Durchforschung anzuweisen (z. B. Mitte, linke Seite, rechte Seite).

Um weder durch die Feuererscheinung der abgehenden Raketen, noch durch den plötzlichen Glanz der aufgeworfenen Sterne geblendet zu werden, wodurch häufig noch einige für die Gewöhnung des Auges erforderlichen Sekunden zur Akkomodierung verloren gehen, empfiehlt es sich, beim Abgange der Raketen, den Anblick derselben zu vermeiden, und das Glas bereits auf den Terrainteil zu richten, dessen Beleuchtung bevorsteht.

Die Beobachtung des *Schrapnellschusses* geschieht in ähnlicher Weise wie die des Granatschusses.

Es kommt auch hier zunächst darauf an, zu beobachten, ob der Sprengpunkt vor oder hinter dem Ziele liegt. Den besten Anhalt gibt auch hier die Sprengwolke, welche sich auf Schrapnellentfernungen bis zu 2500 m noch hinreichend deutlich erkennen läßt; *darüber* hinaus ist jedoch die Beobachtung ungemein erschwert. Ist die Höhe, in welcher das Schrapnel über dem Boden krepiert (Sprenghöhe) nicht größer als die Zielhöhe, so ist die Beobachtung dieselbe, wie beim Granatschießen.

Deckt dann die Sprengwolke das Ziel, so liegt der Sprengpunkt *vor* dem Ziel; deckt dagegen das Ziel die Sprengwolke, so liegt derselbe *hinter* dem Ziel. Man nennt einen solchen Sprengpunkt „*beobachtungsfähig*".

Wenn die Sprenghöhe größer als die Zielhöhe, erscheint die Sprengwolke also über dem Ziel, so gibt die letztere keinen sicheren Aufschluß

darüber, ob der Sprengpunkt vor oder hinter dem Ziele liegt. Derselbe ist dann „nicht beobachtungsfähig“ In beiden Fällen kann, auch im günstigen Boden, und besonders beim Schießen gegen Höhen oder Bedeckungen, die aufwirbelnde Erde der in den Boden oder die Deckung schlagenden Sprengteile, bei sehr niedrigen Sprengpunkten die entstehende Vermischung der Rauch- und Erdwolke die Beobachtung oft erleichtern.

Die Sprenghöhe läßt sich in der Regel nach der Höhe des Ziels, der Deckung oder sonstiger Terraingegenstände, zuweilen auch nach der scheinbaren und mit dem Aufsatz zu bestimmenden Höhe des Hintergrundes von der Batterie aus nach einiger Übung hinreichend genau beurteilen.

Anmerkg. Man stellt den Aufsatz auf den der geschätzten Entfernung entsprechenden Teilstrich, richtet nach dem tiefsten Punkte des Hintergrundes und schiebt das Visier soviel herunter, bis die Visierlinie den höchsten Punkt desselben trifft. Der Unterschied beider Visierstellungen in $\frac{1}{10}°$, multipliziert mit der in Rubrik 5 der Schußtafel für die betreffende Entfernung angegebenen Zahl, gibt die scheinbare Höhe des Hintergrundes an.

Die Beurteilung der Lage des Sprengpunktes zum Ziele genügt vollkommen für das Schießverfahren.

Für die Größe der Sprengweite hat man nur dann einigen Anhalt, wenn man die Ausbreitung der Sprengteile im günstigen Boden wahrnehmen kann. Man kann die Sprengweite ohne großen Fehler als etwa 3-4 mal größer als die Ausbreitung der Sprengteile annehmen. Ein Schluß von der Größe der Sprenghöhe auf die der Sprengweite erweist sich nicht als zuverlässig.

Der Wind ist von ähnlichem Einfluß auf die Beobachtung, wie beim Granatschießen. Drückt derselbe die Sprengwolke schnell nieder, oder weht er seitlich zur Schußrichtung, so ist bei hohen bezw. seitlich des Ziels erscheinenden Sprengpunkten abzuwarten, ob die Sprengwolke durch den Wind in Beziehung zum Ziel gebracht wird. Sonst ist auch beim Schrapnelschießen der erste Moment nach dem Krepieren des Geschosses für die Beobachtung am günstigsten.

Blind gehende Geschosse, welche einen Aufschlag machen, haben den Nachteil, daß sie nur selten durch die aufwirbelnde Erde die Beobachtung ermöglichen. Krepieren dieselben nach dem Aufschlag, so kann der dann erscheinende Sprengpunkt

die Beobachtung leicht irre führen. Eine aufsteigende Sprengwolke deutet zuweilen auf ein solches Vorkommnis hin. Bei am Ziele lagerndem Schnee kann die durch einen Aufschlag aufwirbelnde Schneewolke bei Mangel an Übung auch mit einer Sprengwolke verwechselt werden.

Treten Verhältnisse ein, welche die Beobachtung erschweren, so sind ähnliche Hilfsmittel anzuwenden, wie beim Granatschießen.

Ist das Terrain vor dem Ziel unübersichtlich, so ist der Umstand, daß die Schrapnels in der Regel <u>über</u> dem Boden krepieren, bisweilen günstig für die Beobachtung. Wenn Pulverdampf das Ziel verdeckt, lassen sich die <u>vor</u> demselben bleibenden Sprengwolken zuweilen deutlich unterscheiden.

Im Gefecht wird die Beobachtung des Schrapnels wesentlich unterstützt werden durch die meist sehr bedeutende <u>Wirkung</u>, welche treffende Geschosse, sobald man annähernd eingeschossen war, hervorrufen. Ist eine Wirkung nicht bemerkbar, so darf auf unzutreffendes Einschießen oder eine Ortsveränderung des Ziels geschlossen werden.

Beim <u>Kartätsch-Schießen</u> wird zu einer genaueren Beobachtung in der Regel keine Zeit sein. Im Gefecht wird die durch treffende Geschosse verursachte Wirkung, auf dem Schießplatze werden die Kugelaufschläge auf dem Boden, die Merkmale für die Beobachtung gewähren.

Beim <u>Bombenschießen</u> erfolgt die Beobachtung nach denselben Grundsätzen, welche für den Granat- und auch für den Schrapnelschuß maßgebend sind. Bei Bomben ist es, vermöge ihrer geringen Geschwindigkeit, noch verhältnismäßig am leichtesten, dieselben während des Fluges mit dem Auge zu verfolgen – doch verschwinden sie gern gerade im letzten Teil der Flugbahn.

Alle jene Umstände nun, welche die Beobachtung erschweren, geben Anlaß zu <u>Beobachtungsfehlern</u> und diese zu <u>falschen Korrekturen</u>, worunter das Schießresultat, also die Trefferwahrscheinlichkeit, leidet.

VIII, Die Korrektur.

Als Zweck aller Korrekturen ist festzuhalten, daß die dichteste

Gruppe von Schüssen in das Ziel zu bringen d.h. die mittlere Flugbahn möglichst durch die Mitte desselben zu legen ist.

d) Notwendigkeit und Zweck des Einschießens.

Auch, wenn dies geschehen, geht, sobald das Ziel kleiner ist, als die ganze Streuung, ein Teil der Schüsse zu kurz und zu weit, sowie rechts und links vorbei, und wird diese Prozentzahl von Fehlschüssen um so größer, je kleiner die Zielabmessungen oder je größer die Streuungen werden. Im § 18 u. 19 (Treffwahrscheinlichkeitstheorie u. Verteilung der Schüsse im Streuungsraum) ist gezeigt worden, in wie hohem Grade die Treffwahrscheinlichkeit abhängig ist von der Lage des mittleren Treffpunktes zum Ziel. Kenntnis von der Lage der dichtesten Gruppe von Schüssen in Bezug auf das Ziel ist daher Voraussetzung für eine rationelle Korrektur. Um dies zu erfahren, muss man eine Anzahl Schüsse mit gleicher Erhöhung („Gruppe") abgeben und zu beurteilen versuchen, wie der mittlere Treffpunkt zum Ziele liegt. Die Verlegung des mittleren Treffpunktes geschieht durch Änderung der Erhöhung bezw. Seitenverschiebung. Verlegt man nun diesen mittleren Treffpunkt um ein bestimmtes Maß, so verlegt man damit auch die ganze Gruppe bezw. ihren dichtesten Teil.
Man müsste also zunächst jedesmal den mittleren Treffpunkt einer Gruppe errechnen, ehe man sich darüber schlüssig machen kann, ob derselbe zu verlegen ist oder nicht. Hierzu gehört aber eine genaue Aufnahme jedes einzelnen Schusses und die abgemessene Entfernung des Zieles.

Dieses ist aber für kriegsmäßiges Schießen undurchführbar und so muss man nach einem anderen Mittel suchen, um über die Lage des mittleren Treffpunktes Auskunft zu erhalten. Dieses Mittel besteht im sog. „Einschießen".
Das Einschießen bezweckt die Ermittlung der zutreffenden Erhöhung und Seitenverschiebung auf Grund der genauesten Beobachtung der Kurz- und Weitschüsse bezw. der Rechts- und Linksabweichungen. Liegen nämlich die Hälfte der Schüsse kurz, die andere Hälfte weit (bezw. rechts und links), so kann man im allgemeinen annehmen, dass der mittlere Treffpunkt im Ziel liegt. Ergibt sich ein anderes Verhältnis, so liegt der mittlere Treffpunkt entweder vor oder hinter dem Ziel (bezw. rechts oder links). Es kommt jetzt nur noch darauf an, zu erfahren, um wieviel liegt der mitt-

leren Treffpunkt falsch, um die Grösse der Korrektur bestimmen zu können.

Die Einrichtung unserer Geschütze gestattet bekanntlich nur Änderungen der Erhöhung und Seitenverschiebung um 1/16°, in besonderen Fällen um ½/16; hieraus folgt, dass die absolut beste Erhöhung resp. Seitenverschiebung niemals zu erreichen ist. Man muss sich befriedigt erklären, wenn der Fehler kleiner ist, als die Hälfte der zulässigen kleinsten Korrektur, weil in solchem Falle jede Korrektur den Fehler nur vergrössern würde. Schon hieraus ergibt sich, dass die der Treffähigkeit der Geschütze entsprechenden Treffresultate eigentlich nie erreicht werden können.

Weiss man also, wieviel Kurz- resp. Weitschüsse bedingt sind bei einer um ½/16° falschen Lage der Flugbahn, so übersieht man sofort, ob die Flugbahn um dieses oder ein grösseres oder ein kleineres Mass falsch liegt. Das bei der Berechnung einzuschlagende Verfahren ist im § 20, Ziff. 4 (: Gebrauch der Treffähigkeitstabellen :) angegeben.

Als Norm für das Einschiessverfahren gelten die Schiessregeln. Diese lehren in einfachster Form:

a) wie man sich einen möglichst sicheren Anhalt zur Beurteilung der Lage des Treffpunktes zum Ziel verschafft;

b) wie man aus diesen Beobachtungen, aus denen das Verhältnis der Kurz- und Weitschüsse festzustellen ist, nach den Gesetzen über die Wahrscheinlichkeit des Treffens folgern kann, ob man richtig schiesst; und

c) welche Änderungen man anzuwenden hat, die Flugbahn durch das Ziel zu legen d.h. zu treffen.

Wenn das Mass der Abweichungen bekannt oder beobachtet ist, so sind folgende allgemeine Grundregeln zu beachten:

„Man berücksichtige die Leistungsfähigkeit der Geschütze d.h. ihre Streuung und ihre Wirkung unter den betreffenden Verhältnissen und beurteile danach die Zweckmässigkeit einer Verlegung des Treffpunktes. Man suche klar zu werden über die wahrscheinliche Lage des mittleren Treffpunktes und ermittle danach die Abweichung vom Ziele und die hiernach sich ergebende Korrektur."

2.) Korrekturverfahren bei bekannter Grösse der Abweichung der Geschosse.

§. 2.

Beschiessen eines 1 m hohen Artilleriezieles, welches auf dem Kamm

einer Höhe mit steiler Böschung steht, auf 1800 m mit dem schw. Feldgeschütz C/73.

Die mittlere Streuung beträgt bei 1800 m etwa 2 m, die ganze daher 8 m. Unter einer Anzahl Schüssen würden daher bei richtiger Lage des mittleren Treffpunktes in der Mitte des Ziels auf +0,5 m die dichteste Treffergruppe (50 %) in den Raum von -0,5 bis +1,5 m und je 25 % in den Raum von -0,5 bis -3,5 m, sowie von +1,5 bis +4,5 m fallen.

Die tiefsten Schüsse würden also 3,5 m unter dem Kamm der Höhe (±0) liegen.

Hätte der erste Schuß gerade diese Lage an der Grenze der Streuung, so würde eine Korrektur um das Maß dieser Abweichung ($\frac{3,5}{1,8} = \frac{2}{16}$ Grad oder 50 m) den mittleren Treffpunkt aller mit der neuen Erhöhung abgegebenen Schüsse um das gleiche Maß über die Mitte des Ziels hinweglegen.

Die Wahrscheinlichkeit, anfangs einen solchen Schuß bei zutreffender Erhöhung zu erhalten, ist jedoch sehr gering, da in den ganzen Raum von -0,5 bis -3,5 m nur $\frac{1}{4}$ aller Schüsse fallen. Es folgt also umgekehrt hieraus, daß die Wahrscheinlichkeit, durch eine Korrektur nach einem solchen Schuß eine Verbesserung der Lage des mittleren Treffpunktes herbeizuführen, viel größer ist, und daß dieselbe überhaupt um so mehr wächst und bezw. zur Sicherheit wird, je mehr das Maß der Abweichung sich dem der ganzen Streuung nähert, oder dieses selbst übersteigt.

In allen diesen Fällen ist daher eine Korrektur schon nach einem Schuß berechtigt.

Wäre der erste Schuß jedoch in den Raum von ± 0 bis etwa -2 gefallen, so war die Wahrscheinlichkeit, daß der mittlere Treffpunkt richtig liege, bereits größer, daher eine Korrektur weniger begründet.

In diesem, sowie in den Fällen, in welchen das Maß der Abweichung die Grenzen inne hält, in welchen man 1/2 aller Schüsse (50 % Treffer) zu erwarten hat, bezw. in welchen die Wahrscheinlichkeit, daß der mittlere Treffpunkt richtig liegt, ebenso groß ist, als daß dies nicht der Fall, würde eine Korrektur schon nach 1 Schuß nicht berechtigt sein. Denn wür-de erst eine Anzahl von Schüssen, welche hintereinander inne

gleichliegende Abweichung ergeben, die Wahrscheinlichkeit begründen, daß durch eine Korrektur der mittlere Treffpunkt in eine richtigere Lage gebracht wird.

Hätten z.B. die 3 ersten Schüsse Abweichungen von − 2, − 1,5 und − 2,5 ergeben, so lag der mittlere Treffpunkt dieser 3 Schüsse auf $\frac{2 + 1,5 + 2,5}{3} = \frac{6}{3} = -2$ m; dann war eine Korrektur um $\frac{1}{16}^{\circ} = 1,8$ m geboten.

Dieselben Erwägungen sind auch bei seitlichen Abweichungen maßgebend.

Hieraus folgt die für Korrekturen nach der Höhe und Seite geltende allgemeine Regel:

„Wenn die Abweichung das Maß der mittleren Streuung übertrifft, so wird schon nach 1 Schuß eine Korrektur um diese Abweichung vorgenommen. Ist dieselbe aber gleich oder kleiner als dieses Maß, so werden mehrere Schüsse mit derselben Erhöhung oder Seitenverschiebung geschossen und dann um das arithmetische Mittel aus deren Abweichungen korrigiert."

Bei der letztgedachten Korrektur muß man jedoch beachten, ob hieraus auch eine günstigere Lage des mittleren Treffpunktes herbeigeführt wird. Ergäbe das arithmetische Mittel z.B. den mittleren Treffpunkt auf ± 0 (Kamm der Höhe) statt auf + 0,5 m (Mitte des Ziels) liegend, so würde eine Korrektur von $\frac{1}{16}^{\circ}$ (oder 25 m) denselben um 1,8 m heben und die ganze dichte Treffergarbe (50%) dann über die Geschütze fortgehen.

Da auf unbekannten Entfernungen meist ein unmittelbarer Anhalt für die Größe der notwendigen Korrektur fehlt, so ist es erforderlich, zunächst die Zielentfernung annähernd zu ermitteln. Dies geschieht durch die sog. „Gabelbildung", welche darin besteht, daß man das Ziel durch einen Kurz- und Weitschuß einschließt oder „in die Gabel bringt". Auf diese Weise bestimmt man eine Maximal- und eine Minimal-Entfernung, zwischen welchen das Ziel liegen muß. Die erfahrungsmäßig vorkommenden Irrtümer beim Schätzen der Entfernungen machen kräftige Korrektur jedoch unabweislich, um auf diese Weise deren Zahl einzuschränken. 3. Längenkorrektur auf unbekannten Entfernungen.

Die Zahl und das Maß der hierzu erforderlichen Korrekturen wird um so kleiner sein können, das Einschießen also um so schneller

beendigt sein, je zutreffender die Entfernung vor Beginn des Feuers bestimmt werden konnte. Das Mittel hierzu würden gute Entfernungsmeßapparate bieten.

Kennt man die beiden Grenzentfernungen (resp. Erhöhungen), zwischen denen das Ziel liegt, so sucht man nun diese Grenzen dadurch zu verengen, daß man den nächsten Schuß mit der gerade in der Mitte der Gabel liegenden Entfernung (Erhöhung) abgibt — „Halbieren der Gabel" —, und in dieser Weise fortfährt, bis die Gabel auf 50 m ($\frac{2}{16}$°) verengt ist.

Wären die Flugbahnen alle kongruent, d. h. gäbe es keine Streuung, so könnte man durch fortwährendes Halbieren der Gabel die Entfernung des Ziels bis auf jede beliebige Genauigkeit feststellen. Sobald man aber das Ziel in die „enge Gabel" von 50 m eingeschlossen hat, so liegt es möglicherweise schon im Bereich der natürlichen Streuung.

Das Schießen wird sodann in der Regel mit derjenigen Erhöhung (Entfernung) fortgesetzt, mit welcher die enge Gabel erreicht wurde. Erhält man hierbei Schüsse vor und hinter dem Ziele (mit gleichmäßig wechselnden Vorzeichen), so befindet sich das Ziel auch in der mittleren Streuung; erhält man dagegen nur oder zum überwiegenden Teile solche vor oder hinter dem Ziele, so liegt der mittlere Treffpunkt zu kurz oder zu weit, die Erhöhung ist zu klein oder zu groß.

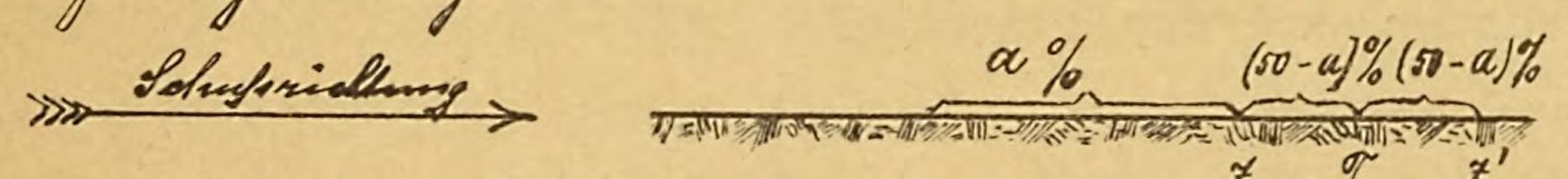
Die Abgabe mehrerer Schüsse mit gleicher Erhöhung vor einer abermaligen Korrektur bezweckt, wie schon erwähnt, die Lage des mittleren Treffpunktes zu erkennen. In den seltensten Fällen ist das Ziel so groß, daß es selbst bei richtiger Lage des mittleren Treffpunktes durch jeden Schuß getroffen wird; von den Fehlschüssen werden nun, wenn der mittlere Treffpunkt mit der Mitte des Zieles zusammenfällt, ebensoviel zu kurz wie zu weit sein. Da man nun lediglich die zu kurzen Schüsse als solche unterscheiden kann, nicht aber die zu weiten und die Treffer, so gibt die Zahl der als zu kurz beobachteten Schüsse einen Anhalt für die Lage des mittleren Treffpunktes.

Z. B. kann man auf 1600 m mit dem schw. Feldgeschütz 16/73 gegen ein Ziel von 1,8 m Höhe auf 55 % Treffer rechnen; von den 45 % Fehlschüssen werden also 22½ % oder rund $\frac{1}{4}$

zu kurz sein. Gehen mehr Schüsse, als errechnet, zu kurz, so liegt der mittlere Treffpunkt vor bezw. unter der Mitte des Zieles; gehen weniger zu kurz, so liegt er dahinter oder darüber und zwar um so mehr, je mehr das Verhältnis von dem errechneten abweicht.

Um aber eine richtige Korrektur ausführen zu können, muß man wissen, wie groß diese Abweichung ist, oder doch wenigstens, ob sie größer oder kleiner als 12,5 m ($= \frac{1}{2}/16°$) ist, weil, wie wir gesehen haben, eine Korrektur um 25 m ($= \frac{1}{16}°$) zweckmäßigerweise erst dann eintritt, wenn der mittlere Treffpunkt um mehr als jenes Maß von dem beabsichtigten abliegt.

In der That ist man im Stande, aus der Zahl der zu kurz gehenden Schüsse die Lage des mittleren Treffpunktes wenigstens annähernd zu berechnen.



Es sei Z das Ziel, T der mittlere Treffpunkt; beim Schießen habe man a% zu kurze Schüsse erhalten. Es ist leicht einzusehen, daß in dem Raum TZ = x 50 − a Prozent aller Schüsse liegen müssen. In dem doppelt so großen Raume ZZ' liegen also (100 − 2a)%. Aus der Tabelle der Wahrscheinlichkeitsfaktoren ist nun ersichtlich, wie vielmal so groß als die mittlere Längenstreuung dieser Raum ZZ' sein muß, damit er (100 − 2a)% Treffer aufnehmen kann.

Bezeichnet w diesen zu (100 − 2a)% Treffern gehörigen Wahrscheinlichkeitsfaktor, s die (von der Entfernung abhängende) mittlere Längenstreuung, so ist ZZ' = 2x = s.w; mithin der gesuchte Abstand des mittleren Treffpunktes vom Fuß des Zieles

$$x = \frac{s \cdot w}{2}$$

Es ist leicht einzusehen, daß wenn a größer als 50% ist, der mittlere Treffpunkt vor dem Ziele liegen muß. Dann liegen in dem Raum TZ (a − 50)% Treffer.



z. B.

1) Es sei mit dem schw. Feldgeschütz C/73 auf 1500 m geschossen, und man habe unter 8 Schüssen 3 zu kurz beobachtet.
In diesem ist $a = \frac{3}{8} = 37{,}5\%$;

$$100 - 2a = 25\,\%;$$
$$w = 0{,}47;$$
$$s = 23\text{ m, mithin}$$
$$x = \frac{s \cdot w}{2} = \frac{23 \cdot 0{,}47}{2} = 5{,}4\text{ m},$$

d. h. also, der mittlere Treffpunkt liegt 5,4 m hinter dem Fuß des Ziels. Um die Frage beantworten zu können, ob eine Korrektur erforderlich ist oder nicht, ist die Lage des <u>beabsichtigten Treffpunktes</u> ins Auge zu fassen. Ist das Ziel 1,8 m hoch, so liegt der beabsichtigte Treffpunkt (Mitte des Ziels) 0,9 m <u>über</u>, oder auf die Horizontalebene bezogen, da der bestrichene Raum 28 m ist, <u>14 m hinter</u> dem Fuß des Ziels. Wäre das Ziel nur 0,9 m (halb gedeckte Infanterie) hoch, so würde der beabsichtigte Treffpunkt nur 7 m hinter dem Fuß des Ziels liegen. Im ersteren Falle läge der mittlere Treffpunkt 8,6, im zweiten 1,6 m vor dem beabsichtigten; eine Korrektur wäre in keinem der vorliegenden Fälle angezeigt. Da auch dann, wenn das Ziel ein ganz niedriges, wie z. B. eine liegende Schützenlinie, wäre, so ist bei diesem Verhältnis der zu kurzen Schüsse die Lage des mittleren Treffpunktes eine solche, daß eine Korrektur um 25 m dieselbe nicht verbessern könnte.

2) Die Entfernung sei 2000 m; unter 6 Schüssen seien 4 zu kurz beobachtet.

In diesem Falle ist

$$a = \frac{2}{3} = 66{,}7;$$
$$a - 50 = 16{,}7;$$
$$2a - 100 = 33{,}3;$$
$$w = 0{,}63$$
$$s = 23\text{ m}$$
$$x = \frac{0{,}63 \cdot 23}{2} = \underline{7{,}24\text{ m}}.$$

Der mittlere Treffpunkt liegt also 7,24 m <u>vor</u> dem Fuß des Ziels. Bei einem 1,8 m hohen Ziel (bestrichener Raum = 17 m) liegt er mithin um 7,24 + 8,5 = 15,74 m, bei einem 0,9 m hohen Ziel um 7,24 + 4,25 = 11,49 m zu kurz. In diesem Beispiel würde gegen das 1,8 m hohe Ziel eine Korrektur um 25 m zweckmäßig erscheinen, denn sie verlegt den mittleren Treffpunkt auf 9,26 m hinter, statt 15,74 m vor den beabsichtigten Treffpunkt; gegen das 0,9 m hohe Ziel wäre dagegen

die Korrektur nicht vorteilhaft, denn der mittlere Treffpunkt, der jetzt 11,49 m zu kurz liegt, würde durch ein Vorgehen um 25 m wahrscheinlich auf 14,5 m hinter den beabsichtigten Treffpunkt verlegt. Noch weniger wäre eine Korrektur gegen ein ganz niedriges Ziel angezeigt.

Diese Beispiele genügen, um zu zeigen, daß in der That aus der Zahl der Kurzschüsse ein genügender Schluß auf die Lage des mittl. Treffpunktes gemacht werden kann. Sie zeigen aber auch ferner, daß für jede Zielhöhe, ja auch für jede Entfernung die Korrektur um 25 m ($\frac{1}{16}°$) durch ein anderes Verhältnis der Kurzschüsse bedingt wird.

Für die Praxis kommt es aber in erster Linie auf eine durchaus einfache Regel an, die für die meisten Fälle brauchbar ist und in den seltener vorkommenden Ausnahmefällen entsprechend modifiziert werden kann. Deshalb sind bei Aufstellung der Schießregeln für die Feldartillerie Ziele von 1 m Höhe zu Grunde gelegt, während die „Anleitung zum Schießen aus Geschützen für die Fuß-Artillerie" eine Berechnung des jedesmaligen Verhältnisses der zu kurzen zu den zu weiten Schüssen bei Aufstellung des Schießplanes veranlaßt.

IV. Kapitel.
Die Geschoßwirkung.

§ 23.

Die Wirkung der Geschosse äußert sich durch:

1.) die Durchschlagskraft des ganzen Geschosses;

2.) die Wirkung der Sprengladung, als
 - a.) minenartige Wirkung,
 - b.) Brandwirkung
 - c.) Treibmittel für die Geschoßteile (bei Granaten),
 - d.) Mittel zum Freimachen der Kugelfüllung (bei Shrapnels).

3.) durch die Durchschlagskraft der sich zerstreuenden Teile des Einzelgeschosses und

4.) durch die besondere Wirkung einiger Feuerwerkskörper.

wie Raketen.

Die Geschoßwirkung ist immer abhängig von der ihm innewohnenden Zerstörungskraft und der Beschaffenheit des Ziels, dann von verschiedenen Umständen, wie Schußart, Auftreffwinkel, Massenhaftigkeit der Verwendung etc.

§ 24

Die Durchschlagskraft des Einzelgeschosses.

Die Wirkung des Einzelgeschosses äußert sich darin, daß dasselbe in Gegenstände, die sich seiner Bewegung entgegenstellen, eindringt und letztere dabei ganz oder teilweise zerstört, oder auf die Widerlage erschüttert, aus ihrer Form bringt und zerschmettert. Diese Wirkung heißt Durchschlags- oder Perkussionskraft und ist eine Folge der dem geschleuderten Geschosse innewohnenden sog. „lebendigen Kraft". Als Maß der lebendigen Kraft dient die mechanische Arbeit, welche durch dasselbe geleistet werden kann. Maßeinheit ist das Meterkilogramm (mkg.), d.h. die Kraft, welche einen Körper von 1 kg Gewicht 1 m hoch zu heben im Stande ist. Ein Geschoß vom Gewicht P und der Geschwindigkeit v hat eine lebendige Kraft

$$K = \frac{Pv^{2}}{2g}\text{*)}\;;\;(g = 9{,}81\,m)$$

*) Anmkg. Denkt man sich ein Geschoß mit der Geschwindigkeit v senkrecht in die Höhe geschossen, so ist seine Geschwindigkeit nach t Sekd. $c = v - tg$; der von ihm zurückgelegte Weg ist $s = vt - \frac{1}{2}gt^2$ nach den Fallgesetzen (54). Es steigt solange bis $v = tg$, also $t = \frac{v}{g}$ ist; die erreichte Höhe ist dann

$$v \cdot \frac{v}{g} - \frac{v^2}{g^2} \cdot \frac{g}{2} = \frac{v^2}{2g}$$

Die dem Geschoß vom Gewicht P erteilte Geschwindigkeit befähigt dasselbe, $\frac{v^2}{2g}$ zu steigen; seine lebendige Kraft ist sonach $\frac{Pv^2}{2g}$.

Die lebendige Kraft ist also ein Produkt des Pulvers (resp. der Anfangsgeschwindigkeit), von welchem 1 g ca 45–50 mkg lebendige Kraft liefert.

Da die beschleunigende Kraft der Schwere (g = 9,81 m) für die Praxis als eine unveränderliche Grösse anzusehen ist, so verhalten sich die lebendigen Kräfte gleicher Geschosse auf verschiedenen Entfernungen wie die Quadrate ihrer Endgeschwindigkeiten, und die lebendigen Kräfte verschiedener Geschosse wie

die Produkte aus dem Gewicht und dem Quadrat der Geschwindigkeit, welche letztere wieder abhängig ist von der Anfangsgeschwindigkeit und der Querschnittbelastung.

Es ist nicht ohne Interesse zu sehen, wie die lebendige Kraft der Geschosse durch den Luftwiderstand vermindert wird, was an einem Beispiel gezeigt werden soll.

Geschoss	0		1000 m				2000 m			
	Anfangsgeschwindigkeit	Lebendige Kraft	Endgeschwindigkeit	Lebendige Kraft	Verlust an lebendiger Kraft		Endgeschwindigkeit	Lebendige Kraft	Verlust an lebendiger Kraft	
	m	mkg	m	mkg	mkg	%	m	mkg	mkg	%
Schwere Feldgranate	444	70334	320	36532	33802	48	264	24864	45470	60,5
Leichte Feldgranate	465	55874	330	28141	27733	50	272	19118	46756	65,8
Infanteriegeschoss M/71	430	235	188	45	190	81,0				
15 cm Hartgussgranate										

Die Tabelle zeigt, wie unverhältnismässig gross bei kleinen Kalibern und infolge dessen geringer Querschnittbelastung der Teil der lebendigen Kraft ist, der lediglich zur Überwindung des Luftwiderstandes gebraucht wird.

Die Durchschlagskraft ist zwar in erster Linie abhängig von der lebendigen Kraft des Geschosses; es spricht aber auch noch die Grösse der getroffenen Fläche mit, so dass das Verhältnis der lebendigen Kraft zum Querschnitt des Geschosses (: vorausgesetzt, dass das Geschoss mit der Spitze zuerst trifft :) oder wie man sich wohl ausdrückt:

„Die Belastung des Querschnitts mit lebendiger Kraft" massgebend ist.

Die Durchschlagskraft kommt hauptsächlich zur Geltung beim Beschiessen von Panzerzielen. Die Beurteilung der Wirkung der Hartgussgranaten verschiedener Kaliber gegen Panzer von verschiedener Stärke erfolgt nach dem Erfahrungssatze: dass Geschosse verschiedener Kaliber eine gleiche Anzahl mkg (oder Metertonnen, wobei 1 Tonne = 1000 kg) lebendiger Kraft pro cm Geschoss-Umfang gebrauchen, um denselben Panzer zu durchschlagen, jedoch mit der Einschränkung, dass, sobald die Panzerstärke erheblich (etwa um $\frac{1}{5}$ – $\frac{1}{4}$) grösser wird, als der Geschossdurchmesser,

auch die zum Durchschlagen erforderliche lebendige Kraft des Geschosses unverhältnismäßig größer sein muß.
Es ist demgemäß die lebendige Kraft pro cm Geschoß-Umfang (= U)

$$\frac{P v^2}{2g \cdot U}$$

Die Durchschlagskraft hängt außerdem von Geschwindigkeit, Querschnittsbelastung und Kaliber noch ab:

1.) von der Form des Geschosses,
2.) von dem Material desselben,
3.) vom Auftreffwinkel,
4.) von der Zeit, die das Geschoß zum Eindringen hat und
5.) von der Art und Widerstandsfähigkeit des Zieles.

ad 1.) Bei der <u>Geschoßform</u> kommt sowohl die <u>äußere</u> als <u>innere</u> Form in Betracht.

a.) <u>Form außen</u>: Alle die Umstände, die dem Geschoß das Durchdringen der Luft erleichtern, erleichtern ihm auch das Eindringen in eine feste Materie. Nicht allein die Querschnittsbelastung und die Geschwindigkeit muß möglichst groß, sondern auch die Spitze scharf und der Führungsteil dünn sein, damit das Eindringen in feste Körper erleichtert wird.

b.) <u>Form innen</u>: Das Geschoß muß so konstruiert sein, daß es haltbar zum Eindringen ist und nicht selbst beim Auftreffen zerschellt; Wände und Spitzen müssen die dazu nötigen, durch die Praxis festgestellten Abmessungen haben.

Einfluß der Form und des Auftreffwinkels der Geschosse auf ihr Eindringen in feste Körper.



ad 2.) <u>Geschoßmaterial</u>: Das Geschoß darf beim Auftreffen nicht zersplittern, wie gewöhnliche Granaten beim Auftreffen auf Eisenpanzer, oder sich breit schlagen und spritzen, wie Weichblei auf harten Knochen, denn dadurch wird die Querschnittsbelastung der Teile oder des Ganzen mit Gewicht und Geschwindigkeit vermindert.

ad 3.) <u>Auftreffwinkel</u>: Wenn die Geschosse nicht rechtwinklig, sondern unter einem spitzen Winkel (α) auftreffen, so vergrößert sich dadurch nicht allein die getroffene Fläche, sondern auch die Fläche, mit der das Geschoß das Ziel trifft. Dieser Querschnitt ist daher dann mit weniger Gewicht und Geschwindigkeit belastet, die Spitze weniger günstig geformt, und es nimmt daher die Eindringungstiefe mit der Abnahme des Auftreffwinkels ab resp. die Widerstandsfähigkeit des (Panzer-ziel

Mauer.) Ziels gegen das Durchschlagenwerden zu. Nach den in dieser Beziehung angestellten Schießversuchen wird zum Durchschlagen eines Panzers unter einem spitzen Winkel eine lebendige Kraft erforderlich, welche ebenso groß sein muß, wie die lebendige Kraft bei rechtwinkligem Auftreffen, dividiert durch das Quadrat des Sinus des Auftreffwinkels, (also $K_1 = \frac{K}{\sin^2\alpha}$).

ad 4) Die Zeit, die das Geschoß zum Eindringen hat, wird durch ein Krepieren desselben, bevor es zum Stillstand gekommen ist, verringert. Ein zu frühzeitiges Krepieren muß durch die Konstruktion des Zünders, die glatte Beschaffenheit der Geschoßwände (:Lackieren der Höhlung) und durch die Art des verwendeten Sprengmittels verhindert werden.

ad 5) Art des Ziels: Je fester, dicker und elastischer dasselbe ist, desto mehr Widerstand leistet es dem Eindringen des Geschosses. Gewachsener Boden ist bekanntlich widerstandsfähiger, als angeworfene Erde; Brustwehren aus Sandboden, Ackererde, frischem Lehm durchlässiger als solche aus Kies, gelagerter Erde mit Rasen bedeckt u.s.w.; Ziegelmauerwerk ist leichter zu durchbrechen als solches von Quadern; Schweißeisenplatten ohne Hinterlage leisten geringeren Widerstand als solche von Hartguß (Compound) oder Stahl mit Holzhinterlage.

Die Perkussionswirkung ist der Hauptteil der Wirkung aller Geschosse. Ausschließlich kommt die der Einzelgeschosse bei Handfeuerwaffen zur Verwendung, demnächst die der Hartgußgranaten gegen Panzer. Aber auch bei gewöhnlichen Granaten ist die Perkussionskraft von hervorragender Bedeutung beim Demontieren von Geschützen und Fahrzeugen, Demolieren von Mauerwerk aller Art (:Breschieren:), Zerstören und Abkämmen von Erdzielen (Brustwehren, Traversen, Pulvermagazinen) u.s.w.

§ 25.

Die Wirkung der Sprengladung.

Diese wird veranlaßt entweder durch den Zünder oder, bei Hartgußgranaten, durch den Aufschlag auf ein sehr festes Ziel, den Panzer. Die Sprengladung soll dabei das Geschoß zerreißen und durch die Explosion direkt auf das Ziel wirken. Die Sprengwirkung der Hohlgeschosse kann einen doppelten Zweck haben:

entweder will man damit sehr feste Ziele, wie Mauerwerk, Panzereindeckungen, Brustwehren etc. zerstören oder gegen Geschützbettungen, Mannschaften u.s.w. wirken. Im ersten Falle sind die Geschosse überhaupt nur als Träger der Sprengladung anzusehen, sie sind das Mittel, dieselbe an den gewünschten Ort zu bringen.

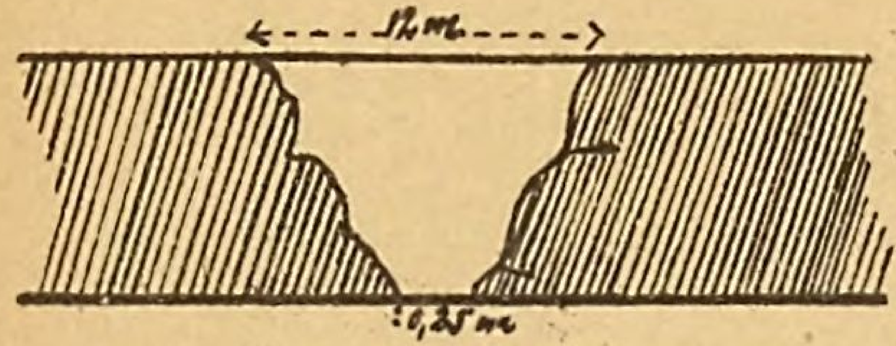
4, Die minenartige Sprengwirkung.

Die minenartige Wirkung besteht darin, daß das Geschoß die widerstandsfähigen Ziele, in welche es vermöge seiner Durchschlagskraft eingedrungen ist, durch seine explodierende Sprengladung zerstört. Die Größe derselben hängt ab:

a) von der Größe der Sprengladung und wächst mit der Größe der Kraftäußerung derselben. So besitzen die mit Schießwolle geladenen 21 cm Granaten K/80 eine viel bedeutendere Sprengwirkung, als die mit Pulver geladenen 21 cm Granaten K/69;

b) von der Tiefe des Eindringens und

c) von der Art des Zieles.



Legende: Trichter im guten Quadermauerwerk des Forts de Rosny (Paris 1870/71) durch eine 15 cm Granate auf 4500 m, die in demselben krepierte und es durchschlug, erzeugt.

Die Eindringungstiefe darf nur so groß sein, daß die Geschoßwirkung auch noch äußerlich zur Geltung kommt und die herausgeworfenen Trümmer zur Seite geschleudert werden. Je kleiner daher die Sprengladung und je fester das Ziel, desto weniger groß darf die Eindringungstiefe sein. Gegen Eisenpanzer und deren Hinterlage haben die kleinen Sprengladungen der Feldschußgranaten noch einige Wirkung, wenn sie stecken geblieben sind und erzeugen dabei häufig Brand. Beim Schießen gegen Mauerwerk und gegen Erde, wenn die Sprengladung gegen letztere groß genug ist, (wenigstens 1 kg), werden große Trichter ausgeworfen, die den folgenden Schüssen die weitere Zerstörung erleichtern. Krepieren die Geschosse zu früh in dem Mauerwerk, so erfolgt nur ein leichtes Abschälen in demselben.
Das Abkämmen von Erdbrustwehren oder Traversen durch Schüsse, die in der Krone krepieren, erfordert sehr großen Munitionsaufwand und schwere Geschütze (mittlere Einfallwinkel günstig). Die hiebei sich bildenden Rillen in der Brustwehr werden häufig durch die folgenden Schüsse wieder zugeschüttet. Tief unter die Krone in die Erdbrustwehren treffenden Geschosse sind in der Regel noch ohne beachtenswerte Wirkung.

5, Brandwirkung.

Die Brandwirkung zeigt bei allen Granaten und Bomben sich, um leicht Feuer fangende Gegenstände (Heu, Stroh, Scheunen, Pulvermagazine) zu entzünden. Besondere Brandgeschosse sind

daher nicht unbedingt nötig, da die Brandwirkung meist Nebenwirkung ist; häufig tritt sie auch unbeabsichtigt auf, z. B. wenn beim Geschützkampf eine Protze durch einen vollen Treffer zur Explosion gebracht wird.

3) Die treibende resp. zerreißende Kraft der Sprengladung.

Bei den Granaten und Bomben, bei welchen die einzelnen Sprengstücke des Geschosses durch ihre Perkussionskraft ähnlich wirken sollen, wie das Vollgeschoß, muß die Sprengwirkung d. h. die Sprengladung ein Maximum sein, weil sich die Perkussionskraft der einzelnen Geschoßteile auch hier wieder zusammensetzt aus den Faktoren des Bewegungsmomentes (Gewicht und Geschwindigkeit).

Bei den Shrapnels darf die Sprengladung nur gerade so groß sein, daß sie die Hülle zu zerreißen vermag; ist sie größer so hindert sie die Kugelfüllung mehr als wünschenswert die ihnen von der Geschützladung vorgeschriebene Flugbahn fortzusetzen und schwächt mittelbar die Perkussionskraft. Die Sprengladung muß von der Füllung getrennt untergebracht werden, weil sonst neben anderen Unzuträglichkeiten (Zerreiben des Pulvers etc.) auch ihre Kraftäußerung erheblich beeinträchtigt, etwa auf $\frac{1}{4}$ reduziert wird. Um den erforderlichen Raum für die Sprengladung und ihre Größe möglichst einschränken zu können, gibt man dem offensiveren Gewehrpulver den Vorzug vor dem Geschützpulver.

4) Über die Explosion der Granaten und die veranlassenden Ursachen zum rechtzeitigen Eintritt derselben.

Was die Bedingungen betrifft, unter denen unsere Granaten zur Explosion gebracht werden, so ist dazu nur eine unbedeutende Verzögerung der Geschoßgeschwindigkeit erforderlich. Fällt ein Geschoß aus einer Höhe von etwa 1 m mit der Spitze nach unten auf festen Boden, so entsteht meistens schon eine Explosion.
Hier hat das Geschoß aber durch den Fall erst eine sehr geringe Geschwindigkeit erreicht, und ist diese Geschwindigkeit, bei welcher das Geschoß durch den Widerstand des Bodens zur Ruhe gebracht wird, gewissermaßen als Differenz zwischen der Geschwindigkeit des noch in unveränderter Bewegung verbleibenden Nadelbolzens und des durch den getroffenen Widerstand etwas verzögerten Geschosses anzusehen.
Nach angestellten Versuchen entsteht meist schon eine zur Explosion genügende Verzögerung der Geschwindigkeit, wenn ein Geschoß durch Dachpappe hindurchgeht, die nur einen sehr geringen Widerstand bietet.
Ebenso findet eine Explosion bei normaler Zündvorrichtung

fast immer statt, wenn das Geschoß den Boden oder einen anderen Gegenstand so berührt, daß es, davon abprallend, weitergeht. Die Explosion erfolgt meist 2-4 m hinter dem Aufschlagpunkt und 1-2 m über dem Boden. Tritt eine Explosion erst später oder gar nicht ein (: Blindgänger :), so ist der Grund meist in der mangelhaften Beschaffenheit der Zündvorrichtung namentlich der Zündschraube, oder des Nadelbolzens zu suchen. Es kommt vor, daß Granaten mitunter erst weit nach dem ersten Auf- oder Aufschlage, manchmal sogar erst nach einem späteren Aufschlage krepiren. Explodiren Geschosse beim Eindringen in Erde gar nicht, so liegt der Grund manchmal darin, daß Erde durch das Vorsteckerloch zwischen Zündschraube und Nadelbolzen eindringt, bevor die Berührung beider stattgefunden hat. Auch kann bei dem Aufschlage die Mundlochschraube mit dem Zündhütchen (G.Z. a/K u. K/73) resp. die Zündschraube in der Büchse (F.Z. K/73) aus der Richtung gedrängt werden, bevor der Nadelbolzen das Zündhütchen erreicht hat. Auch Verbiegen der Vorstecker oder Klemmen derselben im Vorsteckerloche können Ursache von Blindgängern sein. Bei den neuen G.Z. K/80 und K/82 (Fertigzünder) werden Blindgänger veranlaßt, wenn sich die stählerne Nadel umbiegt, außerdem in den Sperring des Nadelbolzens einschiebt oder die Arme des Trägers unvollkommen strecken, wodurch es der Nadelspitze unmöglich gemacht ist, die Zündpille zu erreichen.

Explosionen von Granaten vor dem Aufschlage schon in der Luft kommen gleichfalls, wenn auch nur selten, vor. Die Ursache davon ist wohl in fehlerhaften Zündhütchen zu suchen, doch ist der eigentliche Zusammenhang noch nicht hinlänglich aufgeklärt. Explosionen der Geschosse im Rohr (: sog. Rohrkrepirer :) können, wenn die Vorstecker richtig eingesetzt waren, entweder in fehlerhaften Zündhütchen, oder auch in mangelhafter Haltbarkeit der Geschosse, namentlich im Boden, ihren Grund haben.

Bei nicht eingesetzten Vorsteckern findet ein Krepiren der Geschosse im Rohre besonders gern in Folge des Ansetzens derselben statt. Die Vorstecker fallen erfahrungsmäßig erst 100-150 m vor dem Geschütz auf den Boden, wo sie fast stets in der Schußrichtung liegen und in dieser häufig nahezu eine Achse, senkrecht zur Länge des Vorsteckers, während eine

Strecke vorwärts gehen. Dabei explodieren die Geschosse z.B. beim Beschießen v. schon auf 50 m und darunter, woraus hervorgeht, daß die Vorstecker schon hier wenigstens so weit aus dem Vorsteckerloch herausgetreten sind, daß die Nadel des Stahlbolzens das Zündhütchen treffen kann.

Beim Granatzünder K/90 und K/82 traten Rohrkrepierer ein, wenn die Nadel nicht fest dem Boden der Bolzenkapsel aufsitzt. Die Rohrsicherheit ermittelt man hier am einfachsten durch Schütteln, wobei kein Klappern der inneren Zünderteile hörbar werden darf, ferner indem man den Zünderkopf nach unten kehrt und sich überzeugt, ob der Fuß der Nadel auch in dieser Lage ganz nahe ans Brandloch der Bolzenkapsel reicht.

5.) Einfluß der Funktionierung des Shrapnelzünders auf die Sprengweite.

In der Einrichtung und Beschaffenheit des Zünders liegt die Hauptschwäche des Shrapnels. Trotz aller Sorgfalt, die auf Anfertigung und Behandlung des Zünders verwendet wird, ist es, abgesehen von der für Feld-Shrapnels nicht genügenden Widerstandsfähigkeit gegen die äußeren Einwirkungen beim Transport in den Protzen und Munitionswagen, sowie von anderen unwesentlicheren Mängeln noch nicht gelungen, eine genügend gleichmäßige Brennzeit des Zünders zu erzeugen.

Differenzen bis zu 100 m Sprengweite, bei mittleren Entfernungen und derselben Brennlänge, sind nicht selten. Selbst Zünder, deren Satzringe bei Brennversuchen nur Differenzen in der Brennzeit von höchstens +0,05 Secd. zeigen, ergeben beim Schießen oft viel größere Unterschiede in der Sprengweite, als man erwarten sollte. Welche Ursachen dabei mitwirken, ob und wie weit dabei auch die Art des Aufsitzes der Zündpille von Einfluß ist, läßt sich mit Bestimmtheit nicht nachweisen. Auch verändern die Zünder ihre Brennzeit erfahrungsmäßig in der Art, daß sie bei längerer Aufbewahrung und schlechter Jahreszeit häufig nicht unerheblich länger brennen und kürzere Brennzeiten resp. Brennlängen erfordern, als die in der Schußtafel angegebenen. Dadurch wird die richtige Verwendung und Behandlung des Shrapnelschusses wesentlich erschwert und die Sprengwirkung beeinträchtigt. Diesem Übelstande suchte man in neuerer Zeit durch Verlegung der Stellmarke am Zünderteller resp. durch Unterlegen von Aufsatzplatten am

Feldgeschütz abzuhelfen.

§ 26.

Die Perkussionskraft der Geschoßteile.

Wenn es sich nicht um Zertrümmerung sehr widerstandsfähiger Ziele handelt, sollen die Sprengstücke resp. die Kugelfüllung als einzelne Teile des Geschosses diese Perkussionskraft am Ziele zur Geltung bringen. Die Äusserung dieser Kraft ist daher eine ähnliche, wie sie bei der Durchschlagskraft der Einzelgeschosse erwähnt ist, d.h. es kommt hierbei darauf an, den einzelnen Sprengstücken, wie dort dem einzelnen Geschoss, eine möglichst große lebendige Kraft zu erteilen. Außerdem aber muss die Lage der Sprengstücke so geregelt sein, dass dieselben das Ziel in möglichst großer Anzahl treffen und hierzu ist es wieder in manchen Fällen erforderlich, dass das Geschoss das Ziel selbst nicht trifft (Shrapnel).

Bei Betrachtung der praktischen Fälle des Schießens hat man hierbei zu unterscheiden:

A, den Granatschuss,
B, " Shrapnelschuss,
C, " Kartätschschuss,
D, " Bombenwurf.

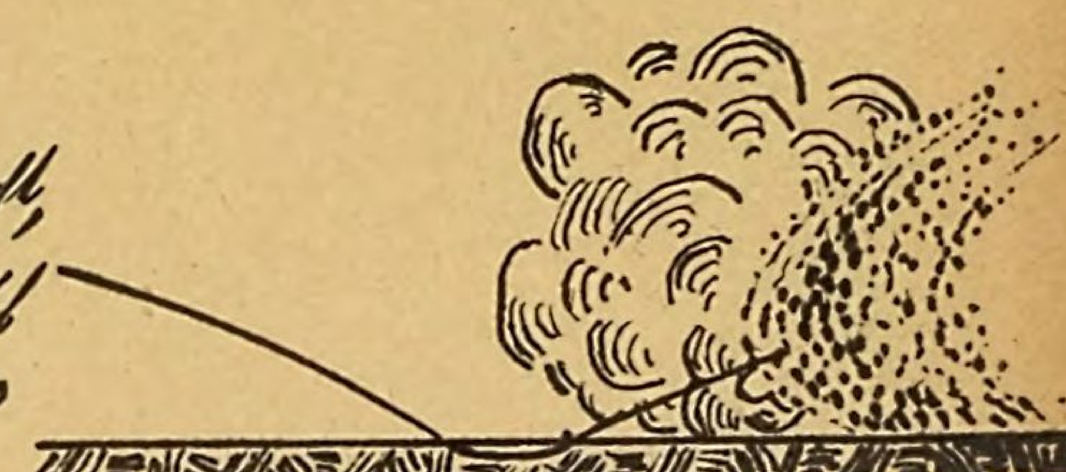
A. Der Granatschuss.

Die Granaten sollen wirksam werden gegen Ziele jeder Art mit der Durchschlagskraft ihrer ganzen Masse, durch die einzelnen Sprengstücke und durch die Sprengladung; je nach der Beschaffenheit der Ziele muss die eine oder die andere dieser Eigenschaften der Granatwirkung vorzugsweise erwartet werden.

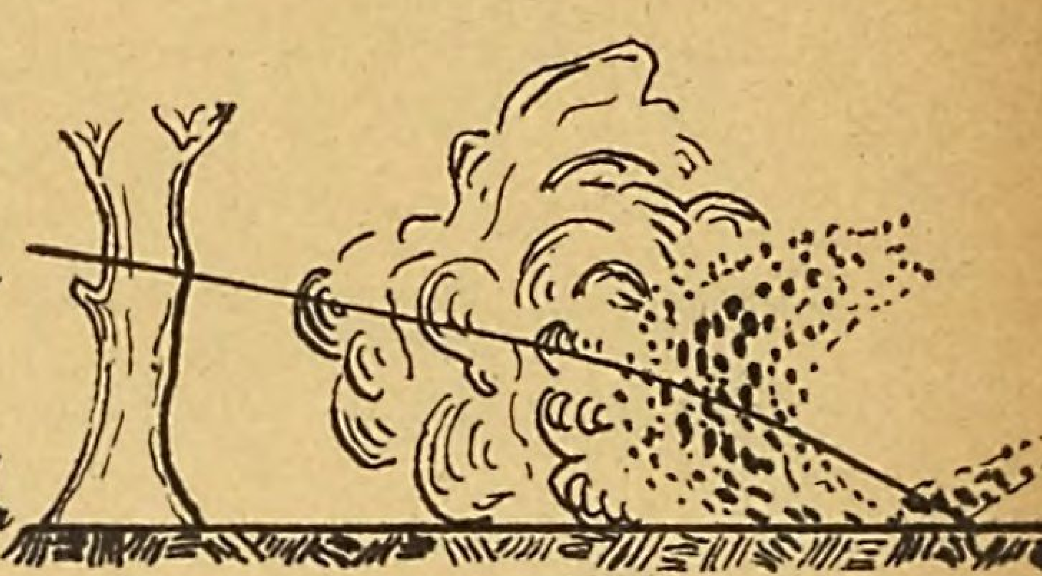
Beim Beschießen freistehender lebender Ziele, welche meistens auf größeren Flächen zerstreut sind, kommt es vorzugsweise darauf an, eine große Zahl von Sprengstücken ins Ziel zu bringen.

Die Granaten werden bekanntlich durch den Perkussionszünder zum Krepieren gebracht: trifft die Granate das Ziel oder den Boden, so vermindert sich plötzlich ihre Geschwindigkeit, infolge des Beharrungsvermögens fliegt der Nadelbolzen mit unverminderter Geschwindigkeit vor und stößt

in die Zündpille; durch den auftreffenden kräftigen Feuerstrahl wird die Sprengladung zur Entzündung gebracht.



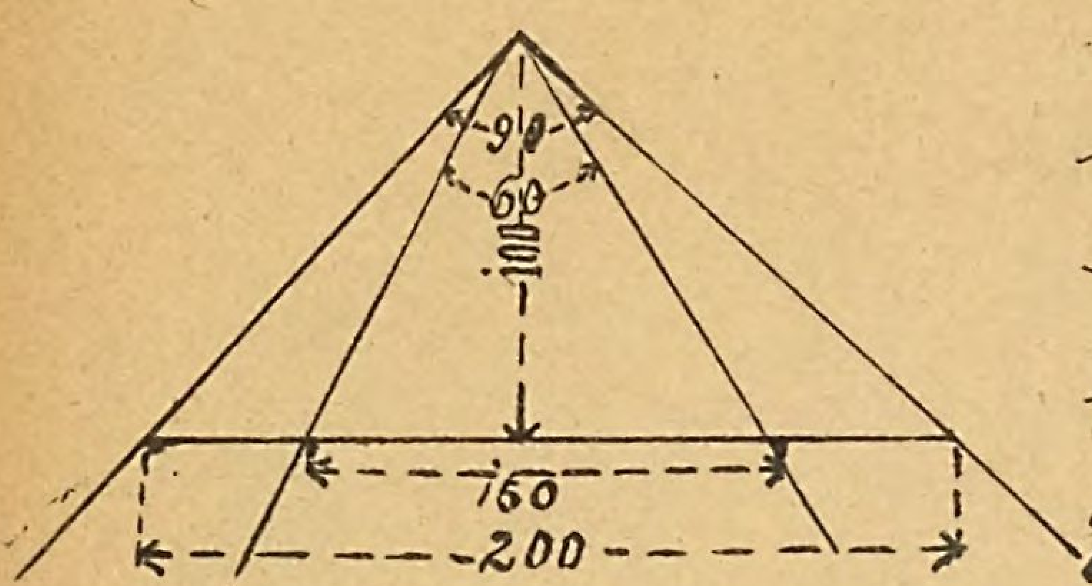
Die Zeitlänge zwischen dem Aufschlag und Krepieren ist immer außerordentlich gering und hängt zumeist von dem Geschwindigkeitsverlust des Geschosses und der Zeit ab, die der Nadelbolzen braucht, um die Zündpille zu erreichen. Wenn daher die Granaten auf den gewachsenen Boden unter Einfallwinkeln bis zu 15° und 20° auftreffen, so reißen sie eine Furche, prallen dann meist ab und krepieren im aufsteigenden Aste des ersten Sprunges.



Ist der Einfallwinkel größer oder der Boden sehr weich, so bleiben sie stecken und haben wenig oder gar keine oberirdische Wirkung. Werden sie durch Zäune, Äste oder andere senkrecht stehende Körper zur Explosion gebracht, so krepieren sie hinter denselben.
Alle gewöhnlichen und Langgranaten ergeben 30-40 Sprengstücke, die Feldgranate K/76 ungefähr 150-200 (die älteren Feldgranaten K/73 nur 70-80.)
Wenn die Granate in der Vorwärtsbewegung krepiert und nicht stecken geblieben ist, fliegen alle Sprengstücke nach vorwärts, keine nach rückwärts. Die Bahnen und Flugweiten der einzelnen Sprengstücke sind nach ihrer Geschwindigkeit, Richtung, Größe und Gestalt sehr verschieden, denn sie sind natürlich ebenfalls durch die 5 Flugbahnkomponenten beeinflußt und gebildet. Die Sprengladung beschleunigt die Bewegung der vorderen, verlangsamt die Bewegung der hinteren Teile des Geschosses.
Die Sprengstücke selbst können klein sein, müssen aber immerhin ein gewisses Gewicht behalten, weil sie sonst den Luftwiderstand zu schlecht überwinden und ihre Durchschlagskraft zu schnell verlieren. Eine große Endgeschwindigkeit des Geschosses ist günstig, weil dabei auch die Fluggeschwindigkeit der Sprengstücke eine anfänglich größere, ihre Flugbahn mithin auch eine mehr rasante und die Wirkung in die Tiefe eine größere wird. Diese Tiefenwirkung ist von ganz besonderer Bedeutung, da die Ziele an sich zunächst meistens eine gewisse Tiefenausdehnung haben und weil sie auch bei weniger korrektem Schießen das Treffen begünstigt. Es muß auch hier festgehalten werden, daß beim Schießen aus Kanonen gegen lebende Ziele die Endgeschwindigkeit des Geschosses hauptsächlich auch die treibende Kraft der Sprengstücke ist, daß aber die Sprengladung vorzugs-

weise dazu dienen soll, das Geschoss in eine grosse Anzahl von einzelnen Teilen zu zerlegen und diesen eine gewisse Ausbreitung in seitlicher Richtung zu geben.

Die Sprengstücke breiten sich um so mehr aus, je grösser die Sprengladung und Rotationsgeschwindigkeit im Verhältnis zur Endgeschwindigkeit der Granaten ist. Der Kegelwinkel der Streuungskegel beträgt bei grosser Endgeschwindigkeit ungefähr 60° (z. B. beim Feldgeschütz), bei kleinerer Endgeschwindigkeit und grosser Sprengladung cca. 90° (z. B. k. 15 cm Kanone) Die Achse des Streuungskegels liegt ungefähr in der Richtung, in der das Geschoss weiter geflogen wäre; ihre Lage hängt daher vom Fall oder Abprallwinkel und der Schwere und Geschwindigkeit der Geschosspartikel ab. Immer ist der Streuungskegel spitz, seine Wirkung geht oft mehr in die Breite, als in die Tiefe; die Sprengstücke breiten sich auf je 100 m um 150 - 200 m aus und fliegen nach ihrer Geschwindigkeit, Abgangswinkel und Querschnittsbelastung bis 200 m, 400 m und 800 m, ja noch weiter vorwärts. Es muss deshalb der Sprengpunkt der Granaten in oder unmittelbar vor dem Ziele liegen.



Die Grösse der Wirkung am Ziel hängt ab:

1) von der Art der Granate und ihres Zünders, die die Schnelligkeit der Bedienung, die Sicherheit des Tempierens und die Zahl der Sprengstücke bedingt; je mehr Sprengstücke, um so grösser ist die Wahrscheinlichkeit, damit zu treffen.

2) vom Kaliber des Geschosses, da mit demselben das Gewicht der einzelnen Stücke wächst und damit auch ihre Perkussionskraft.

Um lebendige Ziele ausser Gefecht zu setzen, können die Stücke sehr klein sein, wenn ihr Gewicht nicht unter 10-20 g beträgt und ihre Querschnittsbelastung und Geschwindigkeit noch gross genug sind. Ist man durch die Eigentümlichkeit der Zielverhältnisse gezwungen, stark gekrümmte Flugbahnen, also kleine Ladungsquotienten anzuwenden, so muss man gegen feste Ziele, um bei geringer Geschossgeschwindigkeit doch noch eine genügende Durchschlagskraft zu erhalten, schwerere Geschosse, also grosse Geschützkaliber nehmen. —

Die Sprengwirkung ist ferner abhängig:
3) von der Endgeschwindigkeit des Geschosses,
4) von der Grösse der Sprengladung; denn je grösser diese [illegible], desto grösser ist im allgemeinen die Geschwindigkeit der Sprengstücke. Je brisanter die Sprengladung wirkt, desto grösser ist auch die Zahl der Sprengstücke;
5) der Grösse des Fall- bezw. Abprallwinkels und
6) der Beschaffenheit des Terrains. Denn sind die Fallwinkel zu gross und der Boden zu weich oder zu steil ansteigend, so bleiben alle oder ein Teil der Sprengstücke im Boden sitzen und kommen nicht zur Wirkung. Die noch abprallenden gehen steil in die Höhe und haben geringe Geschwindigkeit, weil der grösste Teil der Endgeschwindigkeit des Geschosses durch das Eindringen in den Boden verloren gegangen und die Wirkung der Sprengladung dadurch ebenfalls beeinträchtigt ist; ihre Wirkung ist daher nur gering.

Die Richtung der Achse des Streuungskegels ist insofern von Bedeutung, als man nur dann auf eine Wirkung rechnen darf, wenn die Richtung der Achse das Ziel noch trifft; andernfalls kann nur von einer Zufallswirkung die Rede sein. Erfahrungsmässig prallt die einen Aufschlag machende Granate unter einem Winkel ab, der etwas grösser ist, als der Fallwinkel. Es hängt dies allerdings im hohen Grade von der Bodenbeschaffenheit ab, die den Winkel erheblich modifizieren kann. Wäre der Winkel gerade so gross als der Fallwinkel, so dürfte man von jeder Granate, die nicht weiter als um die Grösse des bestrichenen Raumes vor dem Ziel aufschlägt, eine Wirkung erwarten. Man wird keinesfalls die Sache zu günstig ansehen, wenn man den Abprallwinkel doppelt so gross, wie den Fallwinkel annimmt. In diesem Fall darf man auf Wirkung von allen Granaten rechnen, die um die halbe Grösse des bestrichenen Raumes zu kurz gehen, also z. B. bei unserem Feldgeschütz C/73 auf

1000 m nicht mehr als 27,5 (30,5) m*
1500 m " " " 14 (16) m;
2000 m " " " 8,5 (9) m;
2500 m " " " 5,5 (6) m;

* Die eingeklammerten Zahlen beziehen sich auf das leichte, die andern auf das schwere Feldgeschütz.

Wird der Fallwinkel größer als 10°, so prallt die Granate sehr leicht gar nicht ab; vielmehr bleiben die Sprengstücke zum Teil in der Erde stecken oder werden senkrecht in die Luft geschleudert. Deshalb ist auch die Wirkung der Granate auf großen Entfernungen gegen Feldziele so selten eine beachtenswerte.

Da die Achse des Streuungskegels einer im Aufschlag krepierenden Granate stets nach aufwärts gerichtet ist, so erscheint dieselbe ganz ungeeignet gegen Ziele hinter Deckungen, die nicht durchschlagen werden können (Erddämme, Terrainwellung). Entweder geht die volle Granate über die Deckung und das Ziel hinweg, oder sie krepiert, auf der Deckung aufschlagend; dann fliegen die Sprengstücke über das Ziel hinweg.

In den meisten Fällen kommen Durchschlagskraft und Sprengwirkung der Granaten gleichzeitig zur Geltung; beim Zerstören von Mauerwerk erhöht die Sprengladung die Wirkung; beim Zerstören von Erdwerk spielt auch die Durchschlagskraft der Geschosse neben der minenartigen Wirkung des eingedrungenen Geschosses eine Rolle; kommt es darauf an, Geschütze hinter Deckungen zum Schweigen zu bringen, so muß man danach streben, nicht nur die Geschütze selbst, sondern auch einen Teil ihrer Deckung zu zerstören und auch die Sprengstücke gegen Mannschaften und Material zur Wirkung zu bringen.

B) Der Schrapnelschuß.

Die Schrapnels mit Zeitzündern sind ausschließlich zur Wirkung gegen lebende Ziele bestimmt; die schweren Geschütze verwenden, wenn nur lebende Ziele zu beschießen sind, ausschließlich Schrapnels.

Das Schrapnel soll den größten Teil seiner Flugbahn als Vollgeschoß zurücklegen und erst kurz vor dem Ziel in der Luft krepieren, ohne vorher einen Aufschlag gemacht zu haben; sie sind daher unabhängig vom Terrain, aber ihre Schußweite ist von der Brennlänge des Zünders, der Flugzeit des Geschosses und der Beobachtungsfähigkeit der Sprengwolke auf größeren Entfernungen abhängig.

Die Sprengladung der deutschen Schrapnels soll nur den Eisenkern derselben zertrümmern, um die Kugelfüllung im Innern frei zu machen. Die Entzündung der Sprengladung

geschieht durch den stellbaren Brennzünder, so daß man den Zeitpunkt, also auch den Ort des Krepierens vollständig in der Hand hat. Der Punkt in welchem die Explosion des Geschosses erfolgt, heißt der Sprengpunkt, seine Höhe über dem Erdboden oder über der Mündung die Sprenghöhe, seine horizontale Entfernung vom Ziel die Sprengweite.

Bei der Beurteilung der Shrapnelwirkung kommen 2 Momente in Betracht, nämlich:

1.) die Flugbahn des Vollgeschosses und

2.) " " der Kugeln und Sprengstücke.

ad 1.) Die Flugbahn der Shrapnels unterliegt denselben Gesetzen, wie die der Granate. – Eine Anzahl Shrapnels, unter gleichen Umständen blind verfeuert, geben daher eine Streuung, deren Grenzen man im allgemeinen als denen der Granate gleich annimmt. Die für letztere in der Schußtafel enthaltenen Treffähigkeitstabellen und Wahrscheinlichkeitsfaktoren benützt man daher auch für das Shrapnel.

Verschießt man die Shrapnels mit Brennzündern, so tritt, auch wenn letztere ganz regelmäßig brennen, eine Streuung der Sprengpunkte ein. Dieselben gruppieren sich nach der Höhe, Länge und Breite in ähnlicher Weise um den mittleren Sprengpunkt, wie die Treffpunkte bei blind geladenen Geschossen um den mittleren Treffpunkt.

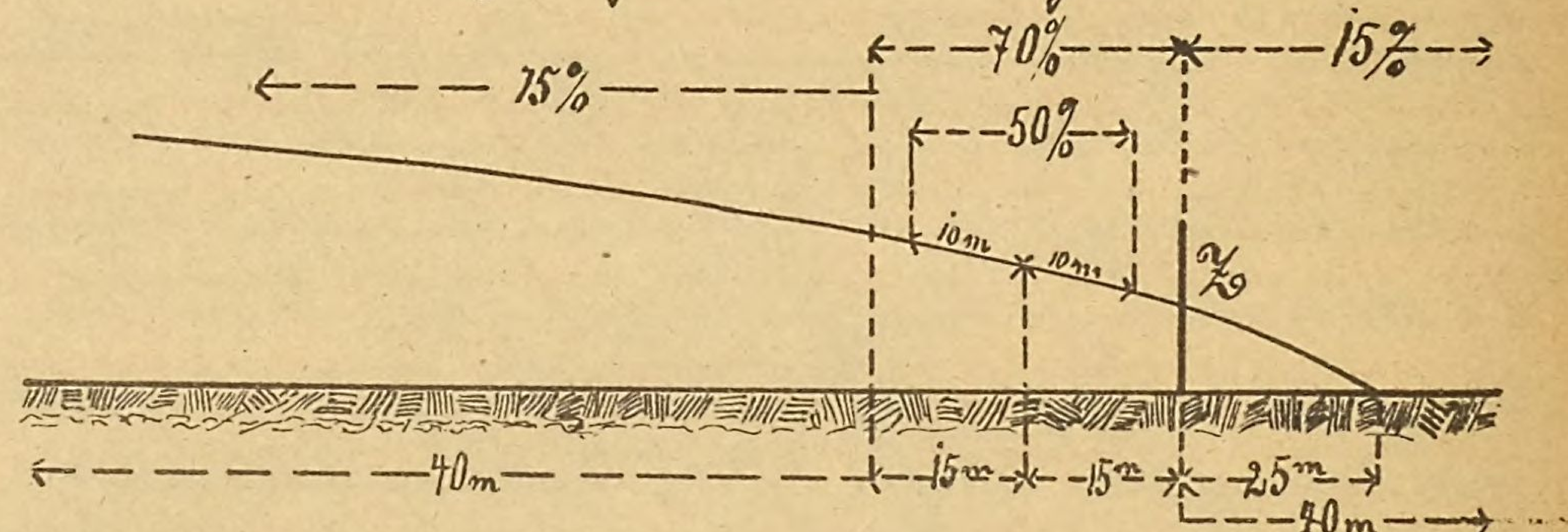
Auf 1500 m würde z. B. beim schw. Feldgeschütz C/73 der mittlere Sprengpunkt auf + 4,5 m liegen; die mittlere Höhenstreuung würde 1,4 m, die ganze 5,6 m betragen d. h. 50% der Sprengpunkte würden in den Raum von + 3,8 bis + 5,2 m, der tiefste auf + 1,7 m, der höchste auf + 7,3 m erscheinen.

Die Höhenstreuung beeinflußt also die Sprenghöhe. Die Längenstreuung dagegen verändert hauptsächlich die Sprengweite. Es ist nicht erreichbar, daß die Brennzeit des Zünders bei jedem Schuß genau gleich sei der Flugzeit des Geschosses bis zum beabsichtigten Sprengpunkt. Die Flugzeit wird besonders beeinflußt durch die Verschiedenheit der Anfangsgeschwindigkeiten der Geschosse. Durch Messungen ergeben sich schon unter den günstigsten Verhältnissen Unterschiede von 5 m, wodurch z. B. auf 1000 m, 1500 m, 2000 m und 2500 m Unterschiede in den Flugzeiten von etwa 0,04; 0,06; 0,08 bezw. 0,1 Sekunden herbeigeführt d. h. die Sprengweiten um 15, 20, 30 bezw. 35 m verändert werden.

Es ist aber auch, wie wir im vorigen § sub Ziff. 5, gesehen haben, die <u>Brennzeit</u>, selbst bei neuen Zündern, nicht stets die gleiche. Noch mehr beeinflußt werden diese Abweichungen durch <u>das Verhalten der Zünder beim Schießen</u>. Die Brennzeit der Zünder ist erfahrungsmäßig abhängig von äußern Einflüssen, namentlich der Witterung und Jahreszeit. Unter ungünstigen äußeren Verhältnissen ist dieselbe z. B. größer, als bei günstigen, bei starkem entgegengesetztem Winde kürzer und umgekehrt. Hierdurch wird die <u>Sprengweite zugleich mit der Sprenghöhe verändert.</u>

Die schon unter günstigen Verhältnissen hervorgerufenen Abweichungen von der normalen Sprenghöhe und Weite werden daher auch äußere Einflüsse noch vergrößert.

Nimmt man die Streuungen des Shrapnels als denen der Granaten gleich an, so würden z. B. auf 1500 m beim schweren Feldgeschütz 50 % aller Sprengpunkte in den Raum von 1440 m – 1460 m, der am weitesten vom Ziele liegende Sprengpunkt auf 1410, der dem Ziel am nächsten liegende auf 1490 m nahe kommen, sobald die mittlere Sprengweite 50 m beträgt.



Bei kleinen Sprengweiten können in Folge der Streuung auch Sprengpunkte hinter dem Ziele vorkommen.

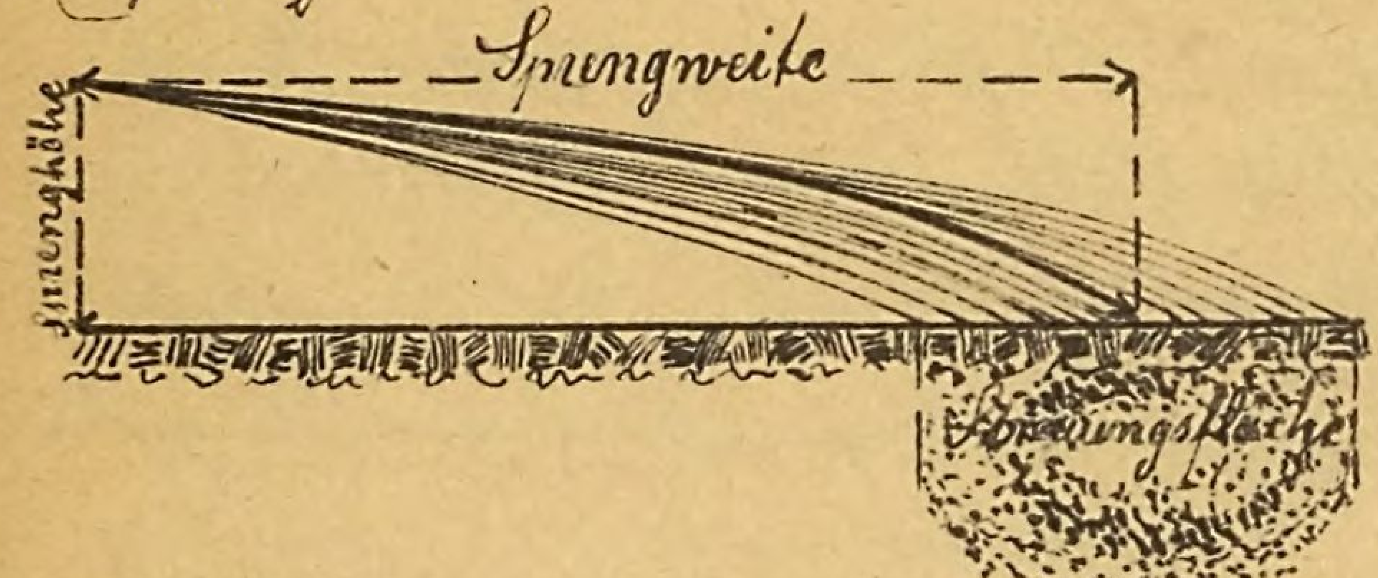
Es sei z. B. die mittlere Sprengweite einer Anzahl unter gleichen Verhältnissen verschossenen Shrapnels = 15 m; dann würden 15 % der Sprengpunkte oder etwa $\frac{1}{6}$ – $\frac{1}{7}$ hinter dem Ziele liegen, und die größte Sprengweite 55 m betragen (vide obige Fig.) Wahrscheinlichkeitsfaktor ist $\frac{30}{20}$ = 1,5, woraus sich 70 % aller Sprengpunkte in dem in der Figur bezeichneten Raume liegend ergeben.

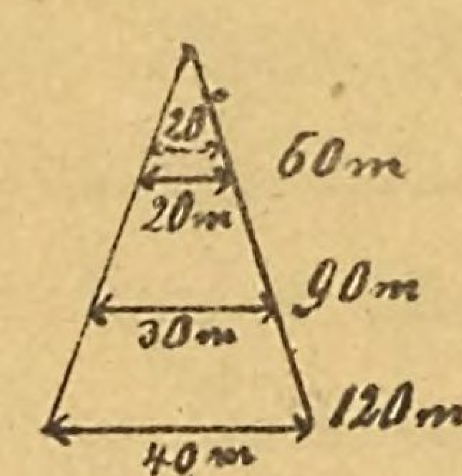
Die <u>Breitenstreuung der Shrapnels</u> als Vollgeschoß ist der der Granate ähnlich. Sie kommt jedoch nur selten zur Geltung.

ad 2, Die <u>Flugbahn der Sprengpartikel</u> bedingen die eigent-

liche Schrapnellwirkung. Dieselbe ergibt sich aus der Zahl der treffenden Sprengteile (Schrapnellkugeln und Sprengstücke) und aus deren lebendiger Kraft (Durchschlagskraft und Tiefenwirkung). Von Einfluß hierauf ist die Größe der Sprengweite, sowie das Verhältnis derselben zur Sprenghöhe.

Im Sprengpunkte liegt die Spitze des Streuungskegels, seine Achse fällt ungefähr mit der verlängerten Flugbahn des Kugelgeschosses zusammen, liegt aber unter ihr und ist kürzer, da der Luftwiderstand auf die Geschwindigkeit der Sprengstücke größeren Einfluß hat.





Die Kugeln und Sprengstücke breiten sich nach dem Krepieren in ähnlicher Weise wie die Sprengstücke der Granate aus, indes ist der Kegelwinkel sehr viel kleiner, einmal wegen der sehr geringen Sprengladung (ungefähr $\frac{1}{12}$ der der Granate) und dann, weil die Geschwindigkeit des Schrapnels größer ist, als die der Granate, die durch den Aufschlag einen erheblichen Teil ihrer Geschwindigkeit einbüßt. Der Kegelwinkel ist um so größer, je größer die Sprengladung und Rotationsgeschwindigkeit und je kleiner die Endgeschwindigkeit des Geschosses ist.

Im allgemeinen beträgt er bei Kanonen mit großer Anfangsgeschwindigkeit auf mittleren Entfernungen etwa 15°, auf großen 20°, bei kurzen Kanonen 20–25°. Die seitliche Ausbreitung der Sprengpartikel am Ziel ist ungefähr $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ der Sprengweite, also bei 50 m Sprengweite und 15° Kegelwinkel 12 m, bei 20° Kegelwinkel 16 m. Der Streuungskegel ist immer fast hohl, die meisten Sprengteile liegen in seiner Mantelfläche; der obere Teil derselben ist sehr bestreichend, der untere Teil steiler einfallend. Der Einfallwinkel des untersten Teiles des Streuungskegels ist ungefähr (wegen der Krümmung) gleich dem Fallwinkel des Schrapnels plus dem halben Kegelwinkel, als Außenwinkel.

Die Entfernung vom Sprengpunkte, in der ein gedecktes Ziel getroffen wird, kann daher mittelst des Verhältnisses $\frac{1}{57{,}3}$ oder rund $\frac{1}{60}$ leicht bestimmt werden. Bei den oberen

Kegelmantel bildenden Sprengpartikel fliegen unter einem Winkel fort, der gleich ist dem Fallwinkel minus dem halben Kegelwinkel. Auf kleinen und mittleren Entfernungen, wo der Fallwinkel nicht die Größe des halben Kegelwinkels erreicht, schlagen dieselben also sogar eine aufwärts gehende Richtung ein. Infolge dessen eignet sich der obere, vordere Teil der Sprenggarbe zum Beschießen gegen freistehende ungedeckte Ziele, zumal wenn dieselben eine gewisse Tiefe haben, während der untere Kegelmantel eine Wirkung gegen gedeckte Ziele ermöglicht.

Eine für die Wirkung des Shrapnels sehr wichtige Frage ist die nach der Lage des Sprengpunktes.

Je größer die Sprengweite bis zu einer gewissen Grenze, um so größer ist auch die Ausbreitung der Sprengteile und die Anzahl der getroffenen Mannschaften und umgekehrt. Die Trefferzahl wird dagegen bei kleiner Sprengweite größer und umgekehrt.

Die summarische Wirkung (Treffer und Mannschaftszahl) ist daher bei breiten Zielen bei größerer, bei schmalen Zielen bei kleinerer Sprengweite größer.

Die lebendige Kraft und Tiefenwirkung der Sprengteile nimmt im allgemeinen mit Vergrößerung der Entfernung und der Sprengweite zwar ab, doch ist dieselbe auf allen Entfernungen und bei Sprengweiten selbst bis 100 m noch groß genug, um lebende Ziele außer Gefecht zu setzen u. auch das tote Material zu beschädigen.

Die Shrapnelwirkung wird hierdurch weniger abhängig von einer bestimmten Größe der Sprengweite und zwar um so weniger, je kleiner die Entfernung ist u. je mehr das Ziel frei steht. Eine kleine Sprengweite setzt eine ganz bestimmte und zwar sehr kleine Sprenghöhe voraus, um eine Wirkung zu erzielen. Bei einer nur um ein Geringes zu großen Sprenghöhe würden wegen der unbedeutenden Ausbreitung der Sprengpartikel letztere sämtlich über das Ziel hinausfliegen. Wegen der kleinen Sprenghöhe wird man außerdem auch sehr viel Aufschläge, also für die Wirkung verlorene Schüsse rechnen müssen, weil hierbei fast regelmäßig der Zünder abbricht.

Aus diesen Gründen und wegen der Trennung der

Sprengpunkte hat man eine mittlere Sprengweite von 50 bis 60 m gewählt, und ist diese der Zünderskala und dem Schießverfahren zu Grunde gelegt. Bei einer solchen Sprengweite erhält man fast sämtliche Sprengpunkte 98% vor dem Ziel; die weitesten Sprengpunkte werden etwa 110 m vor dem Ziele liegen, wobei noch immer auf eine gute Wirkung zu rechnen ist. Die Ausbreitung der Sprengpartikel (bei 50 m ungefähr 12,5 m) erscheint genügend.

Von großem Einfluß auf die Wirkung ist daher das Verhältnis, in welchem die Sprenghöhe zur Sprengweite steht. Die Sprenghöhe ist theoretisch am richtigsten so bemessen, daß die durch den Sprengpunkt gelegte Verlängerung der Flugbahn das Ziel noch trifft; sie wird normal also betragen

$$h = s . tg \varphi + \frac{z}{2},$$

wobei h = Sprenghöhe,
s = Schußweite,
φ = Fallwinkel und
z = Zielhöhe bedeutet.

Es muß aber wohl beachtet werden, daß eine zu große Sprenghöhe zum Überschießen des Zieles führt, namentlich bei kleinen Sprengweiten. Bei kleinen Sprenghöhen dagegen darf man immer noch auf eine gute Wirkung durch den oberen Kegelmantel rechnen, selbst wenn die normale Sprengweite erheblich überschritten werden sollte.

Beim Beschießen von Zielen hinter Deckungen ist es notwendig, das Geschoß im allgemeinen nahe vor dem Ziel und dicht über der Deckung krepieren zu lassen, um den steil einfallenden unteren Teil des Kegelmantels ins Ziel zu bringen. Bei zu geringer Sprengweite und Sprenghöhe ist die Ausbreitung am Ziele nicht groß genug; bei zu großer Sprengweite mit zu geringer Sprenghöhe geht der größte Teil der Geschosse in die Deckung.

Für die Praxis kommt noch ein anderer Umstand in Betracht. Hohe Sprengpunkte sind nicht „beobachtungsfähig" d. h. man kann von der Batterie aus nicht beurteilen, ob sie vor oder hinter dem Ziele liegen. Nur solche Sprengpunkte, die ungefähr in gleicher Höhe mit dem Ziel oder genauer ausgedrückt, die

in der Verbindungslinie des Auges mit dem Ziele liegen, also Sprengpunkte bis zu 2 m Höhe, sind beobachtungsfähig. Nun ist es freilich nicht nötig, dass alle Sprengpunkte beobachtungsfähig sind; es genügt, wenn hin und wieder solche niedrigen Sprengpunkte vorkommen, da man aus der Lage dieser zum Ziele einen Schluss auf die der übrigen zu machen berechtigt ist. Daher empfiehlt es sich, immer die zu den Sprengweiten von 50-60 m gehörenden, schußtafelmäßigen Sprenghöhen einzustellen, wenigstens kein Tiefschießen nicht, vielmehr soll man eine mittlere Sprenghöhe von 3-4 m zu erreichen trachten; bei solchen Sprengpunkten wird man eine genügend große Zahl von beobachtungsfähigen Sprengpunkten (etwa 1/6 bis 1/4) erhalten und doch vor zu vielen Aufschlägen geschützt sein. Ganz zu vermeiden sind die Aufschläge nicht, da die Höhenstreuungen der Sprengpunkte größer sind, als die der Granaten.

Der Hauptvorteil des Schrapnels liegt neben seiner überlegenen Sprengwirkung und der Unabhängigkeit von den Terrainverhältnissen auch noch darin, dass kleine, bei der Bedienung unvermeidliche Richtfehler, welche die Wirkung der Granate völlig aufheben würden, fast ohne jeden Einfluss auf die Schrapnelwirkung bleiben. Richtfehler können niemals die Sprengweite alterieren, und, so lange die Sprengpunkte nur vor dem Ziele, muss eine Wirkung eintreten, selbst wenn die mittlere Sprengweite 100-150 m zu groß ausfallen würde, oder die Sprengpunkte 3-4 m auf- oder abwärts schwanken. Ähnlich ist es mit der Seitenrichtung: wenn eine Granate 3 m oder 10 m bei einem Geschütz seitwärts vorbeigeht, ist die Wirkung in der Regel gleich Null. Beim Schrapnel ist dagegen bei einer mittleren Sprengweite von 50 m noch auf eine, wenn auch abgeschwächte Wirkung zu rechnen.

Die Wirkung am Ziel wird demnach bedingt durch:

1) die Geschosskonstruktion: Je schneller die Bedienung, desto größer die Feuergeschwindigkeit; je regelmäßiger der Zünder brennt und das Geschoss zum Krepieren bringt, je weniger das Geschoss selbst zu Streuungen Veranlassung gibt, je mehr Sprengstücke das Geschoss liefert, je größer seine Kugelfüllung ist, desto größer ist die Wirkung. Von großem Einfluss ist ferner die Sprengladung. Ist dieselbe in der Mitte, wie bei uns, so kann

sie sehr klein sein, so ist größere Kugelfüllung möglich und die Streuung derselben geringer. Wird sie hinter die Kugelfüllung gelegt (wie in Österreich), um deren Geschwindigkeit zu vermehren, so muß sie größer sein; hiebei ist jedoch keine Gewähr geboten, daß sämtliche Kugeln freigelegt werden. Dasselbe ist der Fall, wenn die Sprengladung vor der Kugelfüllung liegt (: Frankreich:), außerdem wird dadurch ihre Geschwindigkeit vermindert, die Kugeln müssen deshalb schwerer sein, wodurch wieder ihre Zahl verringert wird, auch liegt der Schwerpunkt des Geschosses weit nachhinten, wodurch die Derivation vermehrt wird. Hartbleikugeln haben geringere Querschnittsbelastung als Weichbleikugeln, also auch geringere Schußweite und Perkussionskraft.

2) Kaliber: denn mit ihm wächst die Größe der Sprengstücke u. die Größe der Kugeln für die Füllung, also ihr Gewicht und ihre Querschnittsbelastung; deshalb kann die Sprengweite größer sein und desto größer ist auch die Perkussionskraft.

3) Endgeschwindigkeit der Schrapnels, denn je größer dieselbe, desto größer ist die Geschwindigkeit der Sprengpartikel im Sprengpunkt auf allen Entfernungen, desto größer also auch ihre lebendige Kraft. Da bei großen Kalibern die Endgeschwindigkeit weniger schnell abnimmt, so kann bei solchen mit großen Ladungen das Schrapnel auf bedeutend größeren Entfernungen verwendet werden. Der Schrapnelschuß der K. 15 cm reicht z. B. bis 1500 m, der des Feldgeschützes bis 3500 m, der der schw. 12 cm und 15 cm Ringkanone bis 4500 m.

4) Fallwinkel: Je kleiner derselbe ist, desto größer ist die Rasanz und Treffwahrscheinlichkeit gegen ungedeckte Ziele, desto eher ist es möglich, mit einem Geschoß mehrere hintereinander stehende lebende Ziele außer Gefecht zu setzen; je größer der Fallwinkel, desto mehr Wirkung gegen gedeckte Ziele, daher gegen diese besonders auf großen Entfernungen sehr gute Wirkung.

5) Rationelles Korrektur-Verfahren: Für eine zweckentsprechende Kombination von Sprenghöhe und Sprengweite gegen die verschiedenartigen Ziele des Feld- und Festungskrieges geben die „Schießregeln für die Feldartillerie" resp. „die Anleitung zum Schießen aus Geschützen für die Fußartillerie" die nötigen Anhaltspunkte.

C. Der Kartätschschuss.

Beim Schiessen mit Kartätschen wird durch den Stoss der Pulverladung die Treibscheibe und der hinterste Teil der Kartätsche zuerst in Bewegung versetzt, die Büchse dadurch gestaucht und gerissen, so dass die einzelnen Kugeln frei werden. Die Kugeln stossen sich aneinander und an den Seelenwänden und verlassen das Rohr mit verschiedener Geschwindigkeit und verschiedenen Abgangswinkeln. Die Anfangsgeschwindigkeiten werden im allgemeinen kleiner sein als die der Granate und des Shrapnels, da durch den Spielraum viele Pulvergase verloren gehen; sie ist bei unseren Feldgeschützen auf höchstens 400 m zu veranschlagen.

Die Bahnen der einzelnen Kartätschkugeln bilden einen Streuungskegel, dessen Spitze in der Rohrmündung liegt, der Kegelwinkel beträgt ungefähr 6°, die Ausbreitung der im Streuungskegel ziemlich gleichmässig verteilten Geschosse beträgt ungefähr $\frac{1}{10}$ der Entfernung. Daher entfaltet der Kartätschschuss seine Hauptwirkung auf 150–300 m. Denn von 150 m ab ist die Ausbreitung der Kugeln so gross, dass bei parallel gerichteten Geschützen die ganze Front einer Batterie unter Feuer gehalten ist (Ausbreitung der Kugeln gleich dem Zwischenraum der Geschütze); über 300 m wird die Ausbreitung der Kugeln schon sehr gross, so dass auch ein ausgiebiges Treffen nicht mehr mit Sicherheit zu rechnen ist.

Bei ihrer geringen Querschnittsbelastung erreichen die Kugeln auch nur geringe Entfernungen, die der Feldgeschütze werden bis 400 m, die der glatten bis 600 m verwendet, darüber hinaus reicht die Durchschlagskraft der Kugeln nicht mehr aus, um Menschen und Pferde mit Sicherheit ausser Gefecht zu setzen.

Ein Teil der Geschosse wird das Ziel direkt treffen, ein anderer vor oder hinter ihm aufschlagen und entweder im Boden stecken bleiben oder weiter abprallen und so ins Ziel gehen. Einzelne Kugeln schlagen sehr bald, andere später auf dem Boden auf; immer wird die Weite des ersten Aufschlages eine nur geringe sein, weil die Abgangswinkel klein sind und weil der Luftwiderstand auf die kleinen Kugeln von sehr erheblichem Einfluss ist. Die unter kleinen Winkeln aufschlagenden Kugeln prallen ungefähr unter demselben Winkel wieder ab und machen so mehrere rasante Sprünge, bis endlich die lebendige Kraft erschöpft ist

und sie liegen bleiben.
Die Kartätschwirkung wird bedingt durch:
1, die Geschoßkonstruktion: Je leichter das Laden vor sich geht, desto größer ist die Feuergeschwindigkeit; je besser der Stoß der Pulvergase auf die Geschosse übertragen wird (Treibscheibe), und je weniger unwirksame Teile vom Pulver in Bewegung gesetzt werden (schwerer Spiegel, sehr starke Büchsen mit Federn), desto größer ist die Geschwindigkeit der Kugeln; je schwerer die einzelnen Geschosse, je mehr Kugeln die Büchse enthält und je größer die Elastizität des dazu verwendeten Materials ist (Schmiedeeisen, Zinkkugeln), desto größer ist die Wirkung am Ziel.
2, die Größe des Ladungsverhältnisses: je größer das Ladungsverhältnis, desto größer die Geschwindigkeit, Schußweite und Durchschlagskraft;
3, die Größe des Kalibers: je größer das Kaliber, desto größer auch die Querschnittsbelastung, Schußweite und Durchschlagskraft;
4, das Terrain: ebener, fester Boden, der mit der Flugbahn einen kleinen Einfallwinkel bildet, oder etwas abfallend ist, begünstigt das Abprallen der Geschosse und erhöht dadurch die Zahl der Treffer; bei weichem, ansteigendem mit Haidekraut u. dgl. bewachsenem, unebenem Boden (Schnee, Sturzacker, nasse Wiese, Sand) bleiben die Kugeln leicht stecken.
Der rasanten Flugbahn wegen ist der Kartätschschuß nur gegen freistehende Ziele anwendbar; die große Streuung gestattet, ihn weniger sorgsam zu behandeln, als die anderen Schußarten (Fortfall des Aufsatzes, grobe Richtung). Dieses, sowie das Fehlen eines Zünders kürzt die Bedienung ab und gestattet die größtmögliche Feuergeschwindigkeit, so daß er besonders zur Selbstverteidigung einer Batterie gegen überraschende Nahangriffe, namentlich gegen Kavallerie, zur Bestreichung der Festungsgräben, Tore u. dgl. geeignet ist.
Wird das Schrapnel mit der Zünderstellung, wie es tempiert wird (200 m), d. i. mit der sog. „Kartätschstellung" verfeuert, so krepiert es auf 150–200 m. Es kann daher auch an der Stelle der Kartätsche gebraucht werden und wird (abgesehen davon, daß die Bodenschraube einzuschrauben ist) genau so behandelt. Die Wirkung eines gut treffenden Schrapnels übertrifft die der Kartätsche; aber es ist zu beachten, daß ein Richtfehler bei

denn über Visier und Korn vor das Ziel, statt auf den Fuß desselben gerichtet wird, sehr leicht einen Aufschlag und damit einen ganz wirkungslosen Schuß zur Folge hat. Ein zweiter Nachteil liegt darin, daß unter 200m das Shrapnel so gut wie gar keine Wirkung hat, da es nur als Vollgeschoß wirken kann. Wenn es gelänge, den Shrapnelzünder so einzurichten, daß das Geschoß unmittelbar vor der Mündung zerspringt, so wären damit beide Mängel beseitigt und der Kartätschschuß könnte, in der Feldartillerie wenigstens, entbehrt werden.

D.) Der Bombenwurf.

Bomben wirken so lange als Vollgeschoß, bis der Zünder sie zum Krepieren bringt. Nach dem Aufschlage kann der Zünder im Boden ersticken, oder das noch nicht krepierte Geschoß über die Brustwehr geworfen werden; die Wahrscheinlichkeit für den Wachenden, getroffen zu werden, ist geringer, als wenn er neben dem Geschosse stehen bleibt oder erst weit zur Deckung fortlaufen muß. Werden lebende Ziele beschossen, so müssen die Geschosse daher im Augenblick des Einschlagens oder dicht über ihren Köpfen zum Krepieren gebracht werden. Die Bomben zerspringen in wenige (15-20), aber große Sprengstücke, die bei den geringen Endgeschwindigkeiten und großen Sprengladungen sich nach allen Seiten ausbreiten und sogar nach rückwärts fliegen; die nach vorn gerichteten haben die größte Geschwindigkeit und fliegen am weitesten; die von der Erdachse entfernter liegenden gehen weiter als die ihr näher liegenden. Der Durchschlagskraft der Bomben bedient man sich vorzugsweise zum Beschießen horizontaler Ziele, besonders gegen Eindeckungen von Eisenbahnschienen mit Erdschichte, Pulvermagazine u. dgl.

§ 27.

Die Wirkung der Raketen.

Es gibt Leuchtraketen und Kriegsraketen, die die Wirkung der Ziele haben sollen. Bei uns sind nur solche der ersten Art und zwar die 8cm Leuchtrakete eingeführt. Sie besteht aus

der gelöteten Raketenhülse,
der Vorderbeschwerung oder Vorsetzung
dem Raketenstabe.

Die Raketenhülse ist eine zylindrische, an dem einen Ende offene, an dem andern Ende geschlossene Röhre, die unter bedeutendem Drucke mit Treibsatz geladen wird; sobald sich dieser entzündet, so treibt die Rückwirkung der aus dem hintern, offenen Ende (Brandloch) ausströmenden Gase die Rakete vorwärts. Um die Kraftäusserung der treibenden Gase möglichst zu steigern, gibt man dem hintern Teil des Treibsatzes eine axiale Bohrung, die Seele; der vordere massive Teil heisst die Zehrung.
Die Vorderbeschwerung oder Versetzung (Füllung) bildet gewissermassen das Geschoss, zu dessen Fortbewegung die Rakete dient; sie besteht aus Leuchtsternen (42 Sternen).
Als Gegengewicht der Vorderbeschwerung dient am hintern Teil der Rakete der Raketenstab, eine gerade hölzerne Stange, die zugleich allen Abweichungen der Vorderbeschwerung von der normalen Fluglinie als Steuer entgegenwirkt, indem sie durch den Luftwiderstand immer wieder in die Bahntangente hineingedrückt wird. Der Stab wird entweder in der Verlängerung der Raketenachse oder an der Aussenfläche der Hülse parallel der Achse angebracht; danach unterscheidet man Achsenstab- und Seitenstab-Raketen.
Die 8 cm Leuchtrakete ist demnach eine Achsenstabrakete. Die Beschreibung derselben s. Kriegsfeuerwerkerei, I. Teil, X. Abschnitt §23, S. 8e u. ff.

Die Bewegung und Wirkung der Rakete gestaltet sich folgendermassen:
Die Pulvergase, welche sich in der Seele der mit dem Pillenlichte angezündeten Rakete entwickeln, haben das Bestreben, sich auszudehnen u. üben daher nach allen Seiten hin einen gleichmässigen Druck aus; die auf die zylindrische Wandung der Hülse wirkenden Gase halten (falls die Hülse nur widerstandsfähig genug ist) einander vollständig das Gleichgewicht und ergeben demnach keine sichtbare Kraftäusserung. Anders verhält es sich mit dem Druck auf den vordern und hintern Boden der Rakete; dieser kann, da die Hülse hinten offen, also hier kein Widerstand vorhanden ist, frei nach vorn wirken u. wird deshalb die Rakete in dieser Richtung in Bewegung setzen.
Die treibende Kraft ist aber bei der Rakete nicht, wie bei den Feuerwaffen, eine einmalig wirkende, sondern, da die

komprimierte Ladung nur allmählich in Gas aufgelöst wird, eine ihre Wirkung stetig erneuernde.

Während die Geschosse der Feuerwaffen bekanntlich von dem Augenblick an, wo sie die Mündung verlassen, fortwährend an Geschwindigkeit verlieren, tritt bei der Rakete das gerade Gegenteil ein: ihre Bewegung wird, vermöge der wiederholt erneuten Wirkung der sich unausgesetzt entwickelnden Pulvergase zu einer beschleunigten, nicht allein, weil die Brennfläche und somit die Gasmenge fortwährend zunimmt, sondern auch, weil das Gewicht der Rakete durch das Verbrennen der Ladung fortwährend abnimmt.

Ihre größte Geschwindigkeit erreicht die Rakete daher in dem Augenblicke, wo die Ladung vollständig verbrannt ist. Von da ab beginnt sie durch den Luftwiderstand allmählich an Geschwindigkeit zu verlieren, bis der Zünder der Vorderbeschwerung die Füllung in Brand setzt. Die brennenden Sterne zerstören alsdann die Leuchtsäule, die einzelnen Stücke trennen sich von einander und fallen, indem sie sich kegelförmig ausbreiten, in mehr oder minder unregelmäßigen Bahnen zu Boden. Das Ausstoßen der Füllung soll unter normalen Verhältnissen unmittelbar hinter dem Scheitelpunkte der Flugbahn eintreten, welcher gegen 315 m hoch liegt. Die Sterne werden daher 12 - 13 Sec. lang fallen und entwickeln während dieser Zeit ein intensives Licht, welches dem Beobachter am Gestell einen ziemlich bedeutenden Teil des Vorterrains klar legt. Da sich aber das Auge erst an die plötzliche Lichterscheinung gewöhnen muß und da auch der Abstand der fallenden Sterne vom Boden anfangs für eine günstige Beleuchtung des Geländes zu groß ist, so bleibt zur Beobachtung des Terrains höchstens ein Zeitraum von 10 Sec. übrig. Der von der 8 cm Rakete erleuchtete Raum ist gegen 550 m lang und 530 m breit; seine dem Beobachter zugekehrte Grenze ist etwa 300 m vom Gestell entfernt. Die Beleuchtung durch die auf dem Boden liegenden noch brennenden Sterne wird durch die Gestaltung und Bedeckung des Bodens beeinträchtigt und gewährt fast keinen Nutzen. Es ist deshalb beim Schießen notwendig, die Raketengestelle weit vor dem Geschütz aufzustellen und stets mehrere Raketen hintereinander, oder wenn nötig, auch einmal u. mit divergierenden Richtungen abzufeuern, wenn ein entfernteres Ziel aufgesucht werden soll.

Die Rakete erreicht die grösste Flugweite bei einem Abgangswinkel von 45°; da sie sich aber unmittelbar vor dem Gestell immer etwas zu senken pflegt, so gibt man dem Gestell stets eine Erhöhung von nahezu 50°.

Die Leuchtraketen eignen sich besonders zu allgemeinen Rekognoszierungen von der Festung aus bis auf 900 m, wenn nächtliche Unternehmungen des Feindes (Bau von Laufgräben und Batterien, Vorbereitungen zu einem nächtlichen Überfall u. s. w.) vermutet werden. Sie sind billiger und leichter verwendbar als das elektrische Licht, welches überdies auch den Nachteil hat, grelle u. tiefe Schatten zu werfen und den eigenen Standpunkt am meisten zu erhellen. Das Licht der Leuchtraketen ist intensiv genug, um aufrechtstehende, arbeitende oder sich bewegende Leute, sowie frische Erdaufwürfe, (die in der Farbe vom gewachsenen Boden abstechen) innerhalb der erleuchteten Räume deutlich erkennen zu lassen.

In anderen Artillerien hat man die Raketen auch zum Fortschleudern von Brandkörpern (Brandraketen) u. auch von Geschossen, wie Granaten und Shrapnels, (Kriegsraketen) benützt.

Die praktische Bedeutung derselben ist, besonders seit Einführung der gezogenen Geschütze, nur als sehr gering anzuschlagen, da sie folgende Nachteile besitzen:

a) selbst mit grossen Erhöhungen nur mittlere Entfernungen zu erreichen, und

b) geringe Treffähigkeit zu besitzen, da ihre Geschwindigkeiten und Abgangswinkel unregelmässig sind, und der Luftwiderstand bei ihrer grossen Oberfläche und ihrem verhältnismässig geringem Gewicht bedeutenden Einfluss auf ihre Flugbahn hat.

Ihre Schussweiten wachsen mit der Zunahme ihrer Kaliber. Gegen sehr grosse Ziele, wie beim Bombardement von Städten, können grosse Raketenkaliber, da sie bei ihrer geringen Geschwindigkeit sehr wirksame Sprengmittel, wie Dynamit u. dgl., auch in grosser Menge zu führen vermögen, von bedeutendem Erfolg sein.

Die Treffähigkeit hat man dadurch zu verbessern gesucht, dass man der Rakete eine Rotation um ihre Längenachse gab, indem man die Gase anstatt hinten, durch seitlich spiralförmig

gewundenen Kanäle, (nach Art der Turbinen) ausströmen ließ – System Hale –, oder indem den Armen der Stabgabel (bei Achsen-Stabraketen) eine schräge, statt der mit der Raketenachse parallelen, Stellung gegeben würde. Letzteres System war bei den früheren preußischen 5cm Achsenstab-Raketen angewendet worden; es vergrößerte allerdings die Treffähigkeit, verringerte dafür aber wieder die Tragweite der Raketen.

§ 28.

Die Wirkung der Revolverkanonen.

Die Wirkung dieser Geschütze, auch Kugelspritzen oder Mitrailleusen genannt, ist ähnlich der des Kartätschschusses, da die Geschosse (d.h. kleine Granaten oder Gewehrgeschosse) leicht sind und die Spitze des Streuungskegels in der Mündung der Waffe liegt, aber die Streuung ist geringer. Die Schußweite ist ebenso groß, wie die der Gewehre, da die einzelnen Geschosse aus gezogenen Läufen mit großen Ladungsverhältnissen abgefeuert werden. Die Feuergeschwindigkeit dieser Geschütze ist sehr groß, aber ihr Mechanismus ist sehr kompliziert und leicht verletzbar, so daß sie bis jetzt am häufigsten durch das eigene Feuer außer Gefecht gesetzt worden sind. Diese Geschütze vereinigen für den Feldkrieg alle Nachteile der Geschütze mit denen der Gewehre, ohne die Vorteile einer derselben zu besitzen. Sie bedürfen zu ihrem Gebrauch einen ähnlichen Aufwand an Vorrichtungen und Kräften, derselben Bespannung, desselben Raumes zum Fortschaffen u. derselben Mannschaften zur Bedienung wie die Geschütze und haben nicht einmal die Wirkung der Waffe der Gewehre, da sie so wenig streuen, daß alle Schüsse häufig auf einem Fleck sitzen, und da die Treffer nicht beobachtet werden können. Ihr moralischer Eindruck durch das Knattern beim Schießen verschwindet, wie jeder derartige, sobald man ihnen gegenübersteht und ihre geringe Treffähigkeit und Wirkung erkennen muß; dadurch wird im Gegenteil das moralische Element der beschossenen Truppe gehoben.

Soll von engen Räumen aus, wie aus Kasematten und von Schiffen, ein wirksames Schnellfeuer auf lebende Ziele und kleine Entfernungen abgegeben werden, so können Revolverkanonen mit Erfolg verwendet werden.

Schlussbemerkung.

Die Kenntnis von der Wirkung der Geschosse am Ziel hat außer der Bedeutung für die richtige Verwendung der Schussarten auch noch den praktischen Wert, die Stärke der Deckungen bestimmen zu können, welche vor denselben schützen sollen. In den „Allgemeinen Schusstafeln für gezogene Geschütze" finden sich als Anhang Angaben über die Wirkung der Geschosse gegen Erde, Mauerwerk, Holz und Walzeisenpanzer für die einzelnen Geschützkaliber und verschiedene Ladungen und Entfernungen beigefügt.

V. Kapitel
Wirkung des Schiessens auf die Waffe.

§29.

Bei der Zersetzung des Pulvers im Rohr macht sich der Einfluss derselben und des Geschosses zunächst auf das Rohr und durch dieses auf die Laffete oder den Schaft der Handfeuerwaffen, bei Geschützen auch gegen den Geschützstand, manchmal auch gegen den Schützen empfindlich geltend.

Man hat demnach zu unterscheiden:

1) Die Wirkung gegen die Rohre (Läufe),
2) " " das ganze Geschütz, den Geschützstand, die Laffete und den Schaft (Rückstoss),
3) Einfluss des Rückstosses auf die Treffsähigkeit.

1) Wirkung gegen die Rohre.

Die Pulvergase wirken offensiv gegen das Rohr, sie suchen es zu zerreissen, bringen Teile des Metalls durch den hohen Temperaturgrad zum Schmelzen und zum Verbrennen, besonders bei Bronze-Rohren, und reissen Teile fort. Der Rückstand des Pulvers geht chemische Verbindungen mit dem Metalle ein, mit dem er in Berührung kommt.

Das Geschoss kann durch Kreppieren im Rohr die Wände desselben beschädigen, wenn die Sprengladung gross und das Kreppieren

im dünnen Teil nahe der Mündung stattfindet, kann das Rohr gesprengt werden.

Die Rohre erleiden endlich Veränderungen durch den Schießgebrauch. Näheres über die Dauer der Geschützrohre, ihre Sicherheit gegen plötzliches Zerspringen, ihre Beständigkeit gegen chemische Einflüsse und über die Abnützung derselben durch den Schießgebrauch siehe im anderen Hefte der „Artillerielehre und Revisionsdienst", für den Unterricht im II. Kurs der k. b. Oberfeuerwerkerschule bearbeitet von A. Dengler, Premierlieutenant und Direktionsassistent, auf pag. 103, dann 44 u. ff., endlich S. 100.

Auf die Läufe der Handfeuerwaffen ist das Schießen von geringem Einfluß; sie halten über 20000 Schuß aus, aber nach 5000 Schuß ist die Treffähigkeit geringer; sie werden meist durch nicht sachgemäße Behandlung, besonders beim Putzen, unbrauchbar. Erweiterungen der Seele heißen vorn „Vorweite", hinten „Sack". Auch Verbiegungen des Laufes der Gewehre durch häufiges Manipulieren mit aufgepflanztem Bajonett sind nicht selten.

2.) Die Rückwärtswirkung des Schusses.

Die Kraftäußerung der Pulvergase im Rohr findet nach allen Seiten gleichmäßig statt, also gegen die Seelenwandungen ebenso, wie gegen das Geschoß. Die auf den Seelenboden drückende Kraft nennt man den Rückstoß, dessen Wirkung vorzugsweise in dem Rücklauf des Geschützes zu Tage tritt. Der Rückstoß wirkt zunächst auf das Rohr und dann erst, gleichsam durch den zur Überwindung von dessen Schwere nötigen Kraftaufwand geschwächt, auf die Laffete; hierdurch erhellt schon, daß die später zu nennenden nachteiligen Einflüsse auf die Laffete um so erheblicher sind, je leichter das Rohr ist.

Wäre das Geschütz, abgesehen von der Reibung, gerade so schwer wie das Geschoß, so müßte dasselbe ebensoweit nach rückwärts, als letzteres nach vorwärts, geschleudert werden. In gleicher Weise würden, wenn ein unbeweglich befestigtes Rohr vorwärts und rückwärts der Pulverladung mit einem Geschoß entsprechend geladen wäre, diese Geschosse gleiche Schußweiten vor- und rückwärts erreichen. Wenn aber

Q = das ganze Gewicht des Geschützes, also

$\frac{Q}{g} = M$ = seine Masse,

v = dessen anfängliche Rücklaufgeschwindigkeit,

q = das Gewicht des Geschosses, also

$\frac{q}{g}$ = m = seine Masse,

v = dessen Anfangsgeschwindigkeit ist, so muss

$$Mv = mV$$

sein, d. h. die Bewegungsgrößen sind nach beiden Richtungen von gleicher Größe, also

Rückstoß = Perkussionskraft des Geschosses.

Die Arbeit oder Wirkung dieser so bewegten Massen wird durch die lebendige Kraft gemessen. Diese ist für den Rückstoß = Mv^2; woraus sich wieder ergibt, wie wichtig die Vermehrung des Gewichts (M) ist, um bei gleicher Größe des Rückstoßes die Laffete vor dessen schädlichen Einflüssen möglichst zu sichern.

Ist die Rücklaufgeschwindigkeit d. h. jene Weglänge, welche das Geschütz ohne Reibung 1 Sek. lang sich gleichmäßig fortbewegend zurücklegen würde, unbekannt, so findet man sie aus obiger Gleichung:

$$v = \frac{mV}{M}$$

d. h. die Geschwindigkeit, mit der ein horizontal gerichtetes Geschütz seinen Rücklauf beginnt, ist gleich dem Produkt aus dem Gewicht des Geschosses und der Anfangsgeschwindigkeit, dividiert durch das summarische Gewicht von Rohr und Laffete.

Streng genommen ist aber die Rücklaufgeschwindigkeit noch größer, als diese Rechnung ergibt; denn die Vorwärtswirkung des Pulvers hat nicht allein das Geschoß fortzutreiben, sondern auch die vor dem Geschoß die Seele ausfüllende Luftsäule zu verdrängen; der hierfür erforderliche Mehraufwand an Kraft, welcher sich in der Geschoßgeschwindigkeit natürlich nicht ausdrücken kann, wohl aber für die Rückwärtswirkung in Betracht kommt, ist indes nicht so bedeutend, daß durch seine Vernachlässigung die obige Rechnung wesentlich ungenau würde.

Feuert man ohne Geschoß, so ist der stattfindende Rückstoß natürlich viel geringer, als beim Scharfschießen.

Die den Rückstoß erzeugende Kraft nimmt mit der Entzündung der Ladung ihren Anfang, ihre sichtbare Wirkung kommt aber erst zur Geltung, wenn das Geschoß die Mündung verlassen hat; denn die kleine Zeitdauer, während welcher das Geschoß im Rohre sich bewegt, ist auch notwendig zur Überwindung des Beharrungsvermögens des Geschützes.

Der Stoß wird um so heftiger sein, je leichter das Rohr, je schwerer das Geschoß und je größer die Pulverladung ist. Je leichter das Rohr in Bewegung gesetzt wird, desto solider und haltbarer muß die Laffete sein.

Die genannte Kraft, welche ihren Angriffspunkt am Stoßboden u. in zweiter Linie im Lagerpunkt, bezw. an den Schildzapfen hat, wirkt in _Richtung der Seelenachse_; ist diese horizontal, so äußert sich ihre Wirkung auf horizontalem Boden nur in einer Rückwärtsbewegung des Geschützes, dem sog. _Rücklauf_.

Ist das Rohr nicht horizontal gerichtet, so hat man sich den Rückstoß nach den Gesetzen des Parallelogrammes der Kräfte in 2 andere Kräfte zerlegt zu denken, von denen die eine in horizontaler Richtung wirkt und den Rücklauf hervorbringt, während die andere in vertikaler Richtung angreift u., je nachdem das Rohr erhöht oder gesenkt ist, entweder einen Druck von oben nach unten, oder eine hebende Wirkung von unten nach oben ausübt.

Die Pulvergase, welche auf den cylindrischen Umfang der Seele drücken, würden einander vollkommen das Gleichgewicht halten und daher ohne alle äußerlich fühlbare Wirkung bleiben, wenn nicht ein Teil der Gase durch das Zündloch ausströmte und in Folge dessen an der dem Zündloch gegenüberliegenden Stelle des Rohres ein Gegendruck nach unten stattfände; dieser fällt natürlich fort, wenn das Zündloch in der Seelenachse liegt.

Die verschiedenen Kräfte, welche somit das Bodenstück des Rohres von oben nach unten _gegen die Richtsohle_ drücken, bewirken, daß es im zweiten Augenblick durch die Reaktion der den Laffetenwänden und der Richtmaschine innewohnenden Federkraft wieder emporgeschleudert wird; vermöge seiner Schwere fällt es dann abermals auf die Richtsohle nieder und wiederholt dann diese hämmernde Bewegung, welche man das _Bücken_ des Rohres nennt, mitunter noch mehrfach.

Der _Rücklauf_ wird bei horizontal gerichtetem Geschütz am größten und nimmt um so mehr ab, je größer die Erhöhung oder Senkung des Rohres wird, während umgekehrt das _Bücken_ mit der wachsenden Erhöhung zunimmt, sowie auch mit der Größe des Maßes, um welches der Lagerpunkt versenkt ist.

Der Rücklauf läßt sich durch _Hemmkeile_, welche man hinter

die Laffetenräder legt, so dass das Geschütz eine schiefe Ebene hinauf laufen muss, oder auch durch Anbringung von *Bremsvorrichtungen* ermässigen; ebenso ist er von der Höhe der Räder und der Laffetenseite des Geschützstandes abhängig:
je höher erstere und je ebener, fester und glatter dieser, desto grösser wird der Rücklauf. Jede gewaltsame Hemmung des Rücklaufs greift indes, besonders wenn sie plötzlich und stossweise erfolgt, die Laffete in hohem Masse an. Ein zu grosser Rücklauf u.s.w. ist durch Aufstreuen von Sand zu vermindern; bei zu kleinem Rücklauf ist Befeuchten der Bettung das Hilfsmittel.

Auch das *Bücken* beeinträchtigt die Haltbarkeit der Laffete, namentlich aber der Richtmaschine sehr; es lässt sich ganz beseitigen, wenn man, unter Fortfall der Richtsohle, das obere Ende der Richtspindel fest mit dem Rohre verbindet (wie bei der 15 cm Ringkanone).
Die Versenkung des Lagerpunktes befördert das Bücken ungemein und ist deshalb fehlerhaft.

Für den *Geschützstand* ist die Wirkung des Rückstosses nachteilig, indem Laffetenschweif und Räder sich in selben einschneiden oder nach und nach der Verband der Bettungen hierdurch gelockert wird.
Die Federkraft der Bettungen vermehrt übrigens den Rücklauf, wenn nicht die Reibungsfläche, wie bei den Mörserlaffeten, sehr gross ist.

Die eigentümliche Bewegung der Geschosse in den gezogenen Geschützen führt bei diesen noch zu einer besonderen Spielart der Rückwärtswirkung des Schusses. Da die Langgeschosse durch den Drall der Züge zu einer Drehung um ihre Längenachse in der Richtung von oben über rechts nach unten gezwungen werden, so haben sie auch das natürliche Bestreben, vermöge des Gegendrucks, welchen sie auf die Führungsflächen der Züge ausüben, dem Rohr eine Drehung um die Seelenachse in entgegengesetztem Sinne, also von oben über links nach unten, zu geben. Die Folge dieser Reaktion ist, dass der linke Schildzapfen nach unten in das Schildzapfenlager hineingedrückt, dagegen der rechte in seinem Lager gelüftet und gegen den Pfannendeckel gehoben wird. In Folge dessen hat bei gezogenen Geschützen mit Rechtsdrall die *linke Laffetenwand* durch das eigene Feuer eine wesentlich grössere Anstrengung auszuhalten als die rechte, und leidet daher in der Regel früher

und bedeutendere Beschädigungen, als diese, wie dies auch die Erfahrung an einer Anzahl verschiedenartiger Laffeten für gezogene Geschütze bestätigt.

Bei Handfeuerwaffen kommt zuweilen ein Reißen des Schaftes beim Schießen vor, wenn der Schloßkasten zu eng war. Der Rückstoß äußert sich hier weniger auf den Schaft als auf die Schulter des Mannes und kann, wenn zu heftig, ernstliche Beschädigungen desselben veranlassen.

Am bemerkenswertesten ist die Rückwirkung des Schusses beim 9cm Mörser, der gleich mehrere Sprünge in die Höhe macht u. durch ein eigenes Hemmtau gebremst werden muß.

3.) Einfluß des Rückstoßes auf die Treffähigkeit.

Es ist schon häufig die Frage aufgeworfen worden, ob der Rücklauf und das Bücken des Geschützes von Einfluß sei auf die Abgangsfehler und somit auch auf die Treffähigkeit. Man hat diese Frage bisher in stets verneinendem Sinne beantwortet, indem man von der Ansicht ausging, daß erst in dem Augenblicke, wo das Geschoß die Mündung verläßt, das Gleichgewicht des ganzen Systems aufgehoben werde und deshalb erst von da ab die durch die Rückwärtswirkung des Schusses hervorgerufene Bewegung des Rohres und der Laffete beginnen könne. Diese Anschauung findet sich indes nicht nur mit den bezüglichen mechanischen Gesetzen durchaus nicht in Einklang, sondern es ist auch durch Versuche unwiderleglich dargetan worden, daß die Rückwärtsbewegung des Geschützes gleichzeitig mit der Vorwärtsbewegung des Geschosses im Rohr beginnt. Es ist deshalb durchaus nicht unwahrscheinlich, daß die Abgangsfehler bei gezogenen Hinterladern zum Teil aus dem Rücklauf und dem Bücken des Rohres entstehen (vergl. §53.), zum Teil auch eine Folge des exzentrischen Eintritts der Geschosse in die Züge sind. Eine bestimmte Aufklärung in dieser Hinsicht kann jedoch nur durch dahin zielende Schußversuche herbeigeführt werden.

Bayerische Staatsbibliothek München

Anhang.

§ 30.
Die Folien und ihre Anwendung.

Eine sehr klare Antwort auf alle die Wirkung des Granat- und Schrapnellschusses behandelnden Fragen erhält man durch das Studium der „Folien". Man versteht unter „Folie" eine graphische Darstellung des letzten Teiles der Flugbahn auf durchsichtigem Papier.

Zu diesem Studium ist außerdem noch die graphische Darstellung der am häufigsten vorkommenden Ziele in demselben Maßstabe wie die Flugbahnen erforderlich.

Als Verjüngungsmaßstab für die Höhen und Breiten wählt man gewöhnlich $\frac{1}{200}$ (1cm = 2m), für die Längen $\frac{1}{500}$ (1cm = 5m). Höhe und Länge müssen mit Rücksicht auf Handlichkeit und Anschaulichkeit der Bilder in verschiedenen Maßen dargestellt werden.

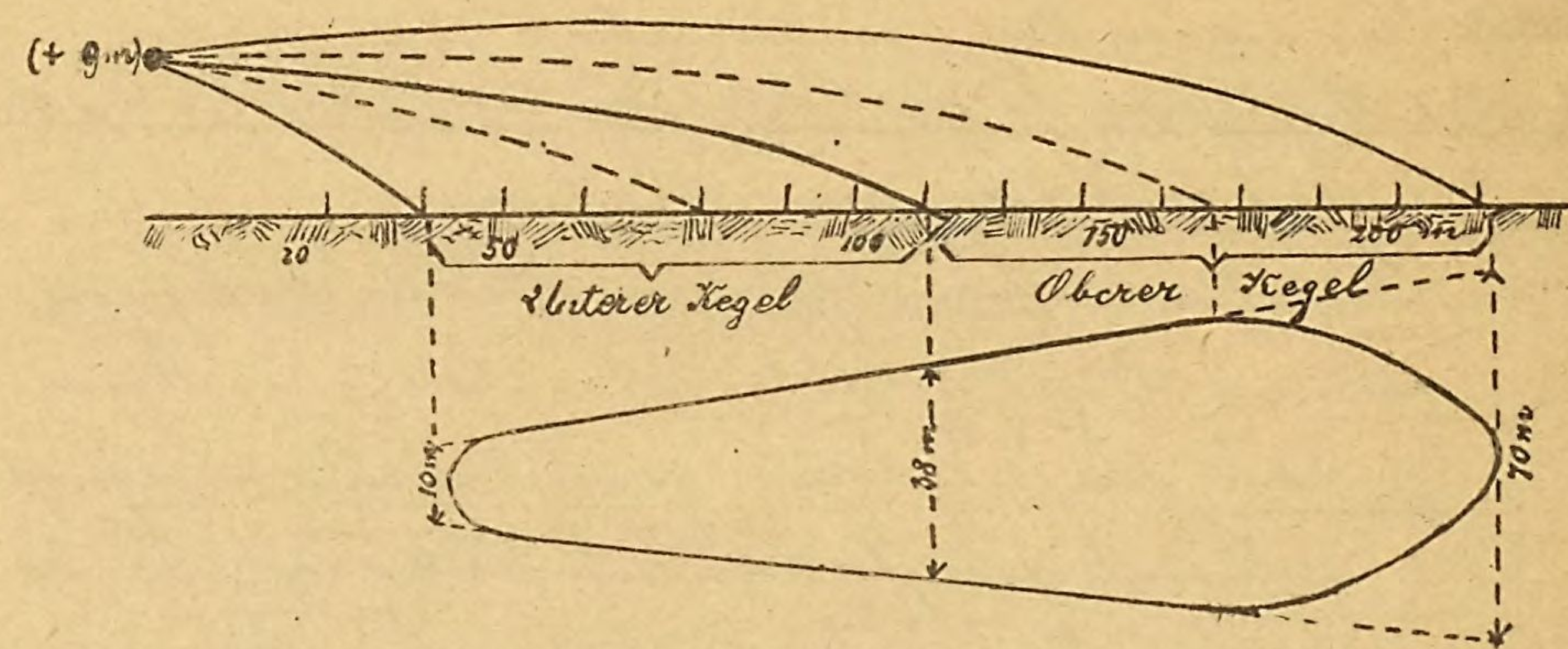
Aufgabe:

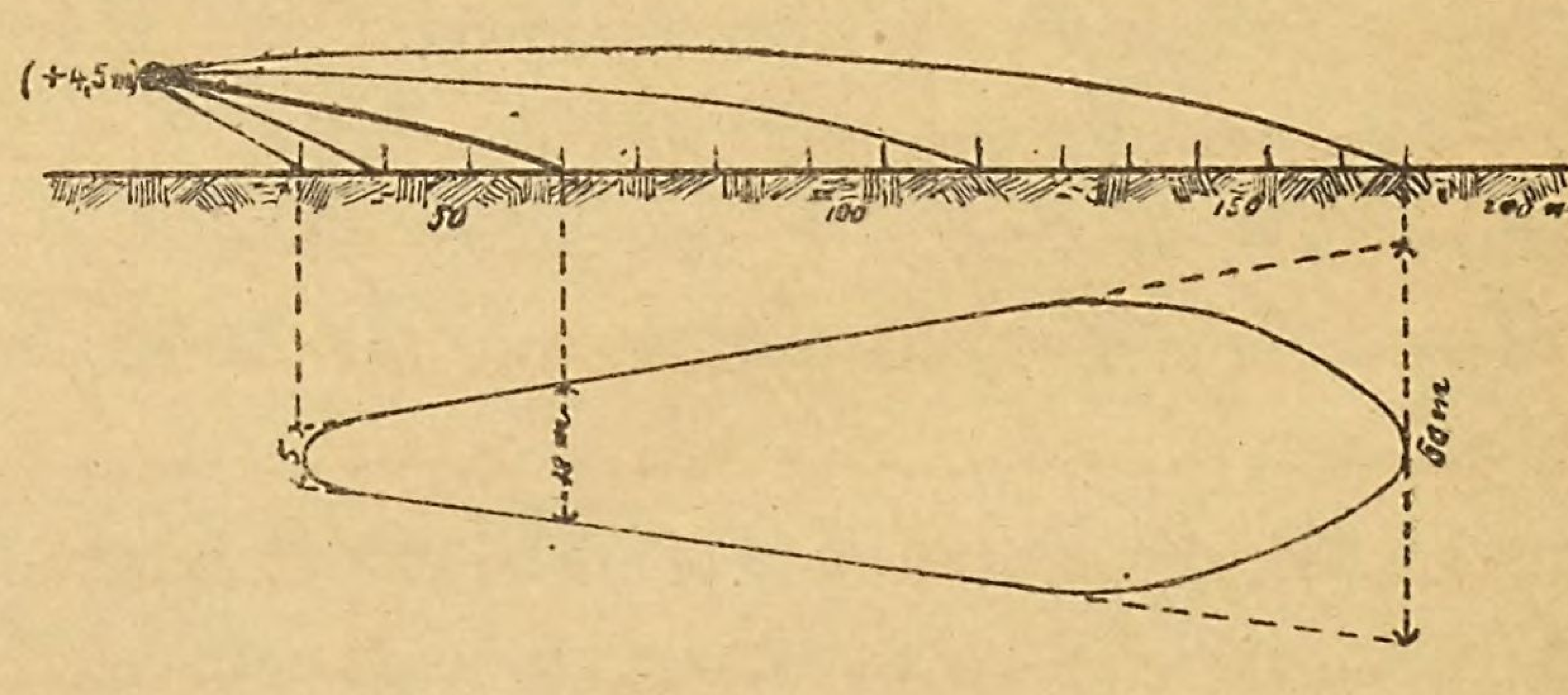
Es sind die Flugbahnen des schw. Feldgeschützes und zwar die von 1000, 1500 und 2000 m auf Gitterpapier zu zeichnen.

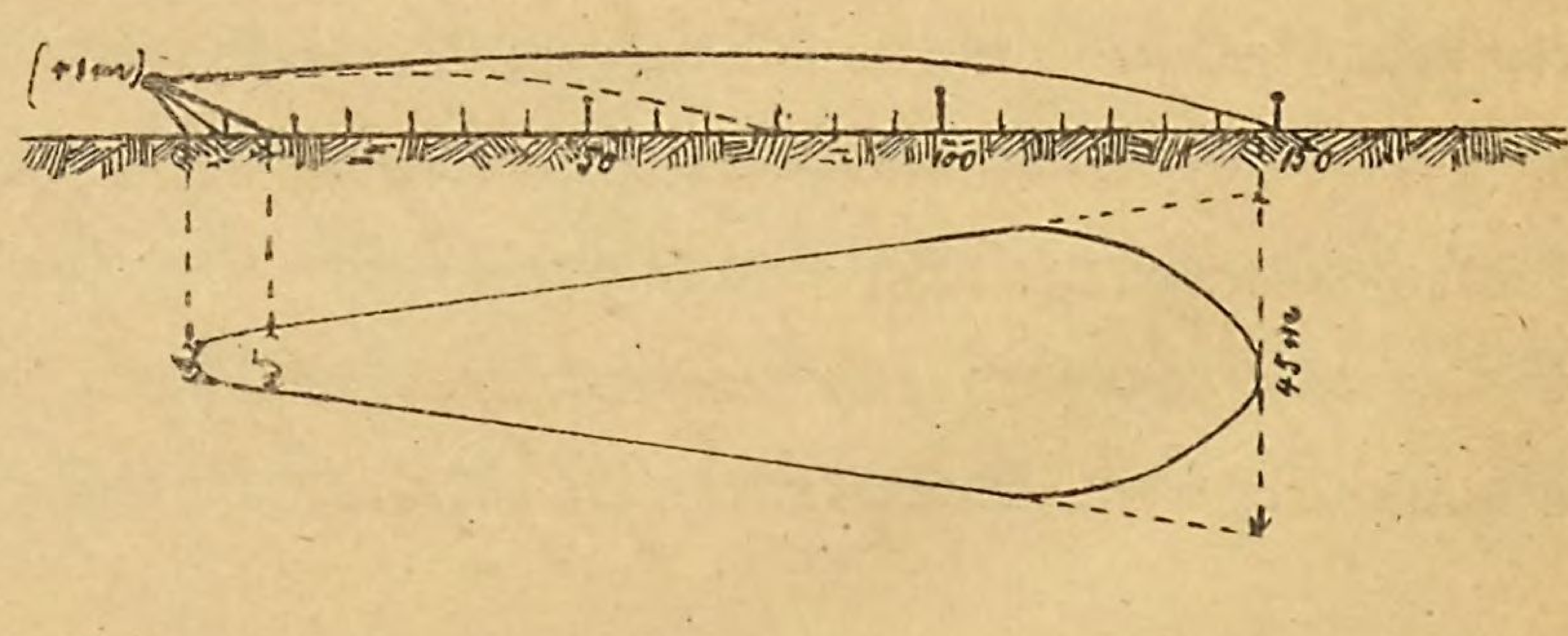
Auf den Folien für den Granatschuß wird außer der (stark gezeichneten) mittleren Flugbahn noch der Raum für 50% (mittlere Streuung), sowie für 100% Treffer (ganze Streuung abgegrenzt) und die verlängert gedachte Visierlinie stark gezeichnet. Das in Betracht kommende Ende der Flugbahn wird als gerade Linie gezeichnet. Die Flugbahn mit dem Streuungskegel kann sowohl in Vertikal- wie Horizontalprojektion dargestellt werden. Die erstere läßt die Größe des bestrichenen Raumes, die Höhen- und Längenstreuungen, die letztere nur die Breitenstreuung erkennen.

Die Folien für den Schrapnellschuß stellen gewöhnlich den Vertikaldurchschnitt des Streuungskegels vom Sprengpunkt aus dar. Der Sprengpunkt wird in der Höhe, welche die Schußtafel für die Normalsprengweite von 50 m angibt, angenommen. Es werden die Achse des Streuungskegels, sowie die obere und untere Begrenzung desselben dargestellt. Den Kegelwinkel zu $17\frac{1}{2}°$ angenommen, zieht man die obere Begrenzungslinie, welche ja durchaus keine starre ist, so, daß die äußersten

ießlich auftretenden Sprengpartikel nicht mehr mit eingeschlossen sind. Die von dieser Grenze noch erreichten Ziele würden noch mit einer ganz ausreichenden Wirkung belegt werden.
Zum Zwecke der Studien legt man die Folien auf die Unterlagen und gewinnt nun durch den Augenschein die Anschauung von der zu erwartenden Wirkung je nach der Lage der mittleren Flugbahn zum Ziel. Man übersieht z.B. sofort, daß die Wirkung am größten wird, wenn die mittlere Flugbahn durch die Mitte des Zieles geht, und wie sie abnimmt, je mehr die mittlere Flugbahn ihre Lage zum Ziele ändert.
Besonders lehrreich ist die Anwendung von Folien für den Schrapnellschuß. Sie zeigen, wie schon im § 26 hervorgehoben ist, daß das Schrapnel durchaus keine peinliche Behandlung verlangt, daß eine gewisse Wirkung immer noch erwartet werden darf, sobald Aufschläge vermieden werden und die Sprengpunkte vor dem Ziele liegen. Sehr anschaulich wird auch der Vorteil der tiefen Sprengpunktlage, von dem im gleichen § die Rede war.



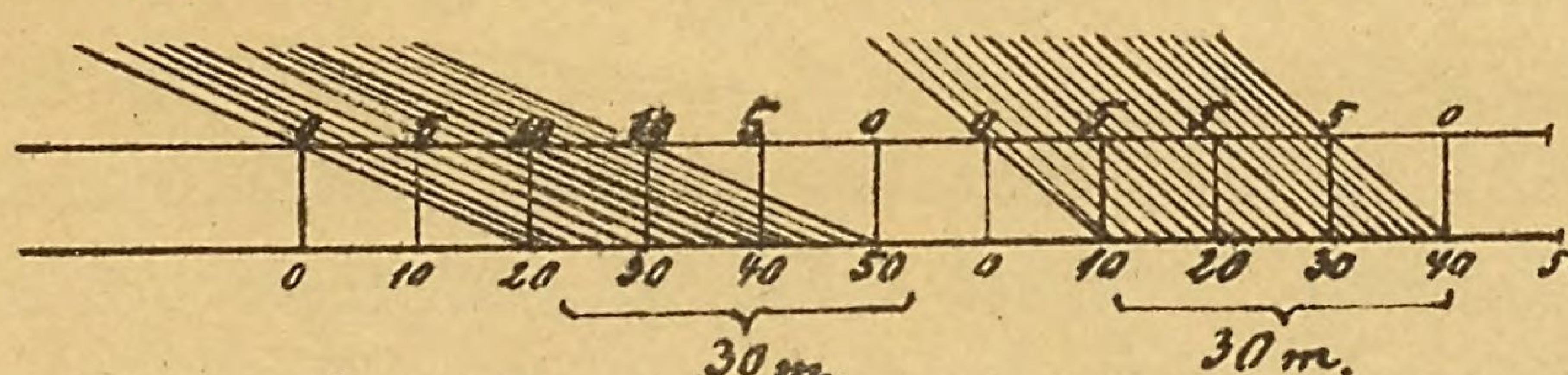




In nebenstehenden Figuren sind nach den Plänen die Streuungskegel bei hoher, mittlerer und tiefer Sprengpunktlage für die Flugbahn von 1500 m dargestellt und nach diesen Bildern die horizontale Trefffläche konstruiert, wobei der Kegelwinkel nach der Seite ebenso wie nach der Höhe zu 17½°, d. h. die Ausbreitung der Sprengpartikel zu etwa $\frac{1}{3}$ der Sprengweite angenommen ist. Hieraus ergibt sich dann, daß die horizontale Trefffläche bei einer Höhe des Sprengpunktes von

1 m einen Flächeninhalt von cca 2500 qm,
4,5 m " " " " 4500 "
9 m " " " " 7000 " hat.

Da das schw. Feldschrapnel cca 240 Sprengstücke hat, so kommt im Durchschnitt bei niedriger, resp. mittlerer, resp. hoher Sprengpunktlage je 1 Sprengstück auf 10 resp. 20 resp. 25 qm.
Nun zeigt aber die Figur auch noch, daß bei geringer Sprenghöhe die Sprengpartikel der oberen Hälfte des Streuungskegels eine Rasanz von cca 80 m, bei mittlerer Sprenghöhe von vielleicht 20–30 m, bei großer dagegen von nur 10–15 m haben.
Welche Vorteil aber die große Rasanz für die Treffwahrscheinlichkeit hat, geht sehr deutlich aus nebenstehender Figur hervor.



Bei <u>gleicher Längenstreuung</u> liefert die rasante Streuungsgarbe gegen die von 10 zu 10 m aufgestellten mannshohen Scheiben gerade doppelt soviel (30) Treffer als die weniger rasante Garbe; dort durchschlägt jedes Geschoß 2, hier nur 1 Scheibe.
Wenn nun bei hoher Sprengpunktlage allerdings eine große Terrainstrecke unter Feuer gehalten wird, was ja unzweifelhaft vorteilhaft ist, so ist doch die Wirkung so wenig intensiv, daß man eigentlich nur von einem Unsichermachen des Terrains sprechen kann. Bei tiefer Sprengpunktlage ist die unter Feuer genommene Terrainstrecke zwar kleiner, aber die Wirkung ist eine ganz intensive und entscheidende.
<u>Es</u> ist hier nicht der Ort, alle Folgerungen, die sich aus dem Studium mit den Plänen ergeben, zu ziehen.

An dieser Stelle soll nur noch unter Zuhilfenahme der Folien der Einfluss des Terrains auf die Wirkung des Granat- und Schrapnellschusses betrachtet werden. Welchen Einfluss das Terrain auf die Sprengwirkung der Granate hat, ist bereits auf S... erörtert worden.
Steigt das Terrain am Ziel zur Visierlinie um einen gewissen Winkel an, so vergrössert sich um eben diesen Winkel der Einfallwinkel und es wächst die Gefahr, dass die Granate in den Boden eindringt und dieser einen Teil der Sprengladung verschluckt. Jedenfalls wird, wenn die Granate abprallt, die Geschwindigkeit und damit die Durchschlagskraft der Sprengstücke erheblich vermindert, der Winkel, unter dem das Geschoss weiter geht, ein sehr steiler u. damit die Flugbahn der Sprengstücke eine wenig rasante. So wird die Wirkung aller zu kurz gehenden Granatschüsse in hohem Grade abgeschwächt. Andrerseits aber hat ein zur Visierlinie ansteigendes Terrain doch auch gewisse Vorteile. Es erleichtert die Beobachtung in hohem Grade, denn jeder Kurzschuss ist zugleich ein Tiefschuss und wird als solcher unzweifelhaft erkannt; ferner werden die Längenstreuungen vermindert, wodurch ebenfalls das Einschiessen erleichtert wird. Bei einem Terrain, welches um 2½° zur Visierlinie ansteigt, vermindert sich die Längenstreuung beim Feldgeschütz C/73 auf 1500 m von 84 auf 56 m; beträgt die Neigung des Terrains dagegen 5°, so vermindert sich die Streuung sogar bis auf 42 m. In diesen beiden Ursachen liegt die Gefahr der Artilleriestellungen am vordern Abhang eines Berges oder in der Ebene gegenüber einer dominierenden Stellung des Feindes. Da sich bei solcher Stellung fast niemals Masken finden, so gelingt dem Feinde das Einschiessen sehr schnell; das Misslingen desselben ist kaum denkbar. Erreicht er dann auch mit Granaten keine grosse Wirkung, so ist wenigstens eine gute Grundlage für den Übergang zum Schrapnellfeuer vorhanden.

Der Schrapnellschuss ist in weit geringerem Masse vom Terrain abhängig, als der Granatschuss, da die Flugbahnen der Sprengpartikel in keiner Weise durch dasselbe alteriert werden können. Ganz ohne Einfluss ist es jedoch keineswegs auf seine Wirkung.
Die Wirkungstiefe der Schrapnels wird entweder verringert, wenn das Terrain am Ziel zur Visierlinie ansteigt, oder

vergrößert, wenn es unter dieselbe abfällt. Ist das Terrain eben, oder — präziser ausgedrückt — verläuft es parallel zur Visirlinie, so ist die Wirkungssphäre des Shrapnels z. B. auf 1500m bei einer Sprenghöhe von 1m cca 140m,

" 5m " 160m,

" 9m " 165m;

steigt dagegen das Terrain nur um $2\frac{1}{2}°$ (resp. 5°), so verringert sich die Wirkungstiefe bei einer Sprenghöhe (diese auf den gewachsenen Boden bezogen) von 1m auf 35m (resp. 15m),

" 5m " 95m (" 50m),

" 9m " 110m (" 80m),

ohne dass dadurch die Intensität der Wirkung auch nur das Geringste gewonnen würde.

Umgekehrt wird die Wirkungstiefe erheblich vergrößert, sobald das Terrain zur Visirlinie abfällt (wie z. B. auf einem der Batterie entgegengesetzten Bergabhang oder beim Schießen aus der Tiefe gegen ein höhergelegenes Plateau), weil dann, wenn die Böschung nicht etwa sehr steil ist, die Flugbahnen der dem oberen Streuungskegel angehörigen Sprengpartikel fast parallel dem Erdboden liegen und dadurch außerordentlich rasant werden. In Zahlen lässt sich dies indes nur schwer ausdrücken, wie man durch das Auflegen der Folien selbst merken wird.

Zum Schluss möchte ich noch auf einen für die Praxis des Schießens besonders wichtigen Punkt aufmerksam machen. Waren beim Schießen in der Ebene tiefe Sprengpunkte ohne Nachteile, wenn nicht etwa zu viele Aufschläge infolge dessen eintreten, so muss man sich beim Schießen gegen Ziele auf Anhöhen sehr vor zu tiefen d. h. solchen Sprengpunkten hüten, die tiefer als das Ziel selbst liegen.

Solche Sprengpunkte ergeben ebenso wirkungslose Schüsse wie Aufschläge, entstehen auch genau aus denselben Ursachen und hat man sich ihnen gegenüber geradeso zu verhalten. Die Sprenghöhe über gewachsenem Boden ist natürlich gar nicht zu beobachten von der Batterie; diese lässt sich nur im Vergleich zum Ziele schätzen. Unter allen Umständen muss die mittlere Sprenghöhe immer wenigstens etwas höher als der Fuß des Zieles liegen.

Inv. № 29996.

29996

BSB Bayerische StaatsBibliothek

MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Dengler, Alois

Artillerielehre für den Unterricht im II. Kurs der k. b. Oberfeuerwerkerschule Vom Schiessen

München 1884

4 App.mil. 104 i
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11470245-5